Aus der Medizinischen Universitätsklinik und
Poliklinik der Berufsgenossenschaftlichen
Krankenanstalten "Bergmannsheil Bochum"
(Chefarzt: Prof. Dr. W. T. Ulmer)

und aus der Lungenabteilung des
Allgemeinen Krankenhauses Harburg
(Chefarzt: Prof. Dr. E. Hain)

Der Schneeberger Lungenkrebs - Studie über 47 Fälle aus der Zeit nach dem 2.Weltkrieg

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von
Jörg Kalthoff
aus Bochum
1980

1982

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549226_0045

Aus der Medizinischen Universitätsklinik und
Poliklinik der Berufsgenossenschaftlichen
Krankenanstalten "Bergmannsheil Bochum"
(Chefarzt: Prof. Dr. W. T. Ulmer)

und aus der Lungenabteilung des
Allgemeinen Krankenhauses Harburg
(Chefarzt: Prof. Dr. E. Hain)

Der Schneeberger Lungenkrebs - Studie über 47 Fälle aus der Zeit nach dem 2.Weltkrieg

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von
Jörg Kalthoff
aus Bochum
1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. H. Viefhues
Referent: Prof. Dr. W. Ulmer
Korreferent: Prof. Dr. G. Reichel

Tag der mündlichen Prüfung: 16. 6. 1982

Gliederung

1. Einleitung
1. 1. Die Historie des Schneeberger Lungenkrebses 1
1. 2. Lungenkrebse bei amerikanischen Uranbergleuten 7
1. 3. Karzinogene Wirkung ionisierender Strahlen außerhalb des Uranbergbaus 10
1. 4. Strahlenphysikalische und strahlenbiologische Grundlagen 12
1. 5. Geologische und technische Grundlagen 19
1. 6. Ziel dieser Arbeit 23

2. Material und Methoden 24
3. Ergebnisse
3. 1. Kasuistische Tabelle 26
3. 2. Sterbealter 34
3. 3. Expositionszeit 36
3. 4. Kumulative Exposition gegenüber Radon-Folgeprodukten 38
3. 5. Latenzzeit 39
3. 6. Überlebenszeit 41
3. 7. Histologie der Lungenkrebse 42
3. 8. Lokalisation der Tumoren 44
3. 9. Metastasen 45
3.10. Klinische Daten bei der Entdeckung der Bronchialkarzinome 46
3.11. Gleichzeitige Silikose 48
3.12. Raucheranamnese 50
3.13. Ort der Uranexposition 51
3.14. Art der Beschäftigung 53
3.15. Arbeitsbedingungen 54

4. Diskussion 56
5. Schlußfolgerungen 61
6. Zusammenfassung 62
7. Literaturverzeichnis 63

1.1. Die Historie des Schneeberger Lungenkrebses

Seit 1470 wurde in der Gegend von Schneeberg im Erzgebirge Silber und Kupfer gefördert, nach Erschöpfung dieser Vorräte hundert Jahre später dann Wismut und Kobalt (116).

Schon im 16.Jahrhundert wurde dort eine Lungenkrankheit bekannt, der viele Bergleute zum Opfer fielen. Sie wurde damals als Bergsucht bezeichnet. Paracelsus berichtete: "Erzleut, Schmelzer, Knappen und was den Bergwerken verwant ist...fallen in die Lungsucht." (90) Agricola hielt den Staub in den Gruben für die Ursache dieses Leidens, das im Körper die Schwindsucht erzeugt (1). Als hervorstechendste Symptome wurden Husten, Auswurf, Kurzatmigkeit und Kachexie beschrieben (89). Scheffler, der Stadtarzt von Annaberg, beschrieb 1770 die Bergsucht als chronisch-schleichendes Fieber mit verhärteten Drüsen und Verstopfung der Lunge, bei der der Tod nicht eher erfolgte, als bis der Körper völlig ausgemergelt worden war (105).

Obwohl hier auch Überschneidungen mit Silikosen auftraten, wurde die eigentliche Natur dieser Bergsucht 1879 von Härting und Hesse als Lungenkrebs identifiziert, der in den Schneeberger Gruben endemisch war (51): So starben 1869 - 1877 von den 650 Beschäftigten dort 150 Männer an Lungenkrebs. Die Überlebenszeit nach Stellung der Diagnose betrug 1/2 bis 1 1/2 Jahre. Weitere Untersuchungen zeigten, daß 75% der Todesfälle aller dortigen Grubenarbeiter durch einen Lungenkrebs bedingt waren. Histologisch wurde er als Lymphosarkom, selten als Endothelkarzinom beschrieben, als dessen Ursache die permanente chemische Reizung durch inhalierten Arsenstaub angeschuldigt wurde.

Bis 1912 starben weitere 286 Bergleute dort an Lungenkrebs bei insgesamt 665 Todesfällen (12). Die Expositionszeit betrug im Mittel 26 - 30 Jahre unter Tage, das Sterbealter um 40 - 50 Jahre.

Später erwies sich die wahre histologische Natur dieses Krebses nicht als Lymphosarkom, sondern als Bronchialkarzinom mit Vorherrschen des kleinzelligen und Plattenepithelkarzinoms (11, 98, 107, 126).

Ausgehend von der Vermutung eines namentlich nicht genannten Laien (bei Uhlig, 126), daß die Schneeberger Gesteine Radium enthalten, deren Emanation möglicherweise die Ursache der Lungenkrebse sei, kam es zu fruchtbaren Forschungen über die Ätiologie. Es fand sich ein hoher Gehalt an Radium-Emanation (Radon-Gas) in den Gruben mit Werten bis zu 182×10^{-10} Curie/l, während die Gesteine selbst nur einen geringen Radiumgehalt aufwiesen (77).

Die klassische Arbeit über die Schneeberger Lungenkrebse von Rostoski, Saupe und Schmorl (98) zeigte 1926 bei den verstorbenen Bergleuten in 62% einen Lungenkrebs, darunter auch bei Bergleuten, die schon vor 15 oder 22 Jahren den Bergbau verlassen hatten. Die Krankheit bestand aus zwei Stadien: Das erste mehrjährige Stadium mit Husten und Auswurf wurde auf eine Anthrakochalikose mit begleitender Bronchitis zurückgeführt, während dem zweiten der eigentliche Lungenkrebs zugrundelag. Dieser führte zu einer plötzlichen Verschlimmerung - unter Umständen mit einer Pleuritis beginnend - und hatte in wenigen Monaten bis zu vier Jahren den Tod als Folge. Bei 21 erfolgten Obduktionen fanden sich zwölf Plattenepithelkarzinome, sechs indifferent epitheliale und drei kleinzellige Karzinome der Lunge. Nachdem vorher schon ein Fall von Multiplizität von Karzinomen beim Schneeberger Lungenkrebs beschrieben worden war (26), fanden sich auch hier in 25% der Fälle zwei Primärtumoren. Eine Deutung der Karzinome als Narbenkrebse auf dem Boden der Anthrakochalikose wurde verneint.

Viele Autoren hatten auch in Joachimsthal auf der tschechischen Seite des Erzgebirges - 30 Kilometer südlich von Schneeberg - eine Lungenkrebsendemie vermutet. Dort wurde seit 1516 Silber, später auch Nickel, Kobalt und Arsen gefördert (117). Von der zweiten Hälfte des 19.Jahr-

hunderts an wurde dort Uranpechblende abgebaut, in der Mme Curie (1898) das Radium entdeckte.

Doch erst 1929 wurden durch Löwy zwei Fälle von Lungenkrebs in Joachimsthal bekannt, beide ohne jegliche Spur einer Pneumokoniose (76).

Intensive weitere Forschungen (25, 92, 117, 137) erfolgten und zeigten folgende Ergebnisse: 1929/30 waren neun Todesfälle bei ehemaligen Bergleuten durch Lungenkrebs bedingt; das waren 53% aller Todesfälle. Histologisch dominierten die kleinzelligen und die Plattenepithelkarzinome. Der Grad der Silikose war jeweils nur gering. Als Ursache der Lungenkrebse wurde die Radium-Emanation beschuldigt und eine kokarzinogene Wirkung von Arsen diskutiert (92). Das Sterbealter der Joachimsthaler Bergleute lag mit durchschnittlich 42 Jahren um 17 Jahre unter dem der übrigen Bevölkerung (87).

Weitere Experimente wurden zur Erforschung der Ätiologie durchgeführt. Während es nicht gelang, im Tierversuch durch Einwirkenlassen von Schneeberger Bohrmehl Krebs zu erzeugen (106), fand sich bei Mäusen, die 1 1/2 Jahre in den Schneeberger Gruben gehalten wurden, eine um das Dreifache erhöhte Lungenkrebsinzidenz (28, 39, 58). Da in Joachimsthal Pneumokoniosen selten waren und sich auch nur ein geringer Arsengehalt fand, kristallisierte sich die Radium-Emanation immer mehr als die Ursache der erhöhten Lungenkrebsinzidenz heraus (91).

Diese wurde in Schneeberg weiter von Rajewsky untersucht (94). Er fand in den Schächten einen Emanationsgehalt von 3,6 - 69 x 10^{-10} Ci/l, der durch künstliche Bewetterung auf maximal 17 x 10^{-10} Ci/l gesenkt werden konnte. Der bei den Bergleuten als Todesschacht berüchtigte "Siebenschlehen" wies mit bis zu 539 x 10^{-10} Ci/l auch die bei weitem höchsten Emanationswerte auf. Die Inhalation der Radium-Emanation war im wesentlichen auf den Aufenthalt unter Tage beschränkt: In der Ausatmungsluft der Bergleute war sie bei einer Entfernung um hundert Meter vom Schacht auf 10% abgesunken.

Es wurde versucht, eine Toleranzdosis für die Schädlichkeit der inhalierbaren Radioaktivität zu ermitteln: Mäuseexperimente führten Read und Mottram 1939 zur Annahme einer Toleranzdosis von 100 x 10^{-10} Ci/l (97), während Rajewsky im gleichen Jahr durch Experimente an Sarkomgewebsstoffwechsel 11 - 110 x 10^{-10} Ci/l annahm (94), sodaß die Radioaktivität als potentielle Ursache der Lungenkrebse mit großer Wahrscheinlichkeit bejaht wurde.

In Joachimsthal konnten die Emanationswerte, die 1924 zwischen 2,9 und 74 x 10^{-10} Ci/l betragen hatten, durch künstliche Bewetterung auf maximal 22 x 10^{-10} Ci/l gesenkt werden (22).

Peller ordnete 1939 die an Lungenkrebs verstorbenen Bergleute von Joachimsthal im Vergleich zu Wiener Todesursachenstatistiken in drei Gruppen ein:

1) solche, die auch ohne Radioaktivität einen Lungenkrebs entwickelt hätten,
2) solche, die einen Krebs eines anderen Organs entwikkelt hätten, und
3) solche, die ohne die Radioaktivität in den Gruben wohl nie einen Krebs bekommen hätten. (91)

Die letzte Gruppe macht 85% der an Lungenkrebs Verstorbenen aus.

Durch den Ausbruch des 2.Weltkrieges wurden die Forschungen eingestellt. In der Literatur erschienen noch zwei zusammenfassende Darstellungen zu diesem Thema. Lorenz lehnte die Radioaktivität als alleinige Krebsursache ab, da auch bei höheren Energiedosen durch Gamma- bzw. Röntgenstrahlen nie Lungenkrebse aufgetreten seien. Er beschuldigte Pneumokoniosen, chronische Entzündungen, Arsen und hereditäre Faktoren als Mitverursacher (74).

Šikl konnte die vorliegenden Daten durch Sektionsergebnisse aus der Zeit von 1933 - 1938 ergänzen. Er fand 16 Oat-cell-Karzinome und 12 Plattenepithelkarzinome. Lungenkrebs und Silikose kamen unabhängig voneinander vor. Ein Prozent der Joachimsthaler Bergleute starb jedes

Jahr an Lungenkrebs (118).

Nach dem 2.Weltkrieg wurde der Uranbergbau im Erzgebirge im großen Stile unter sowjetischer Leitung ausgebaut. Sämtliche technischen und medizinischen Daten wurden bei sowjetischen Stellen zentral gesammelt und nicht veröffentlicht. So erschien nach dem Kriege nur noch eine Arbeit, in der direkt über drei Lungenkrebse bei Uranarbeitern des Schneeberger Reviers berichtet wurde (112). Darin wurde die Vermutung geäußert, daß in Zukunft aufgrund von großen technischen Neuerungen selbst bei sehr langer Expositionszeit keine Radiumskrebse mehr entstehen.

Zwei weitere Arbeiten, die sich mit der Kombination von Silikose und Lungenkrebs beschäftigten, fanden die Ursache für die gehäufte Kombination dieser beiden Krankheiten bei ihren Patienten in der Exposition im Schneeberger Uranbergbau (19, 52).

Auffallend ist jedoch, daß in der DDR das Krankheitsbild des Schneeberger Lungenkrebses nach dem 2.Weltkrieg weder in den Lehrbüchern der Lungenheilkunde (122) noch in denen der Arbeitsmedizin (55) noch in denen der Umweltforschung (46) vorkommt.

Auch aus der CSSR war bis 1968 nichts über die Häufigkeit des Joachimsthaler Lungenkrebses mitgeteilt worden, bis dann ein Bericht von Horáček über 55 Fälle erschien (56). Ein großer Anteil kleinzelliger Karzinome (71%) und die geringe Expositionszeit von im Mittel elf Jahren zeigten Unterschiede zu den Vorkriegsdaten. Weitere klinische, radiologische und histologische Ergebnisse wurden in den folgenden Jahren publiziert (57, 72, 85, 113). Sie bewiesen das weiterhin bestehende erhöhte Lungenkrebsrisiko der Bergleute im böhmischen Uranbergbau. Es fand sich vorzugsweise ein Auftreten von kleinzelligen und Plattenepithelkarzinomen.

In der Bundesrepublik Deutschland interessierte besonders auch das Schicksal der Heimkehrer, die als Kriegsgefangene in großer Zahl im Uranbergbau des Erzgebirges

eingesetzt wurden (1). Ihre inhumanen Lebens- und Arbeitsbedingungen wurden eindringlich von Gierscheck beschrieben (47). 1969 zeigten sich bei den ehemaligen im Uranbergbau eingesetzten Kriegsgefangenen 24 Todesfälle an bösartigen Neubildungen der Atmungsorgane im Vergleich zu 13,6 erwarteten (96). Die durchschnittliche Expositionszeit dieser Verstorbenen betrug 3,8 Jahre.

Literatur: 1, 11, 12, 13, 19, 21, 25, 26, 28, 39, 40, 46, 47, 48, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 72, 74, 76, 77, 85, 87, 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 98, 104, 105, 106, 107, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 122, 125, 126, 135, 137

1.2. Lungenkrebse bei amerikanischen Uranbergleuten

Wichtige Erkenntnisse über die Natur der Lungenkrebse wurden durch ärztliche Vorsorgeuntersuchungen und epidemiologische Studien der Uranbergleute in den USA ermöglicht. Die Uranbergleute des Colorado-Plateaus werden seit 1950 in einer prospektiven Studie verfolgt (3). 1964 zeigte sich der erste statistisch signifikante Anstieg der Lungenkrebsfälle in diesem Kollektiv, besonders bei weißen Arbeitern, die mehr als fünf Jahre unter Tage gearbeitet hatten (130).

In diesen Gruben waren nur so geringe Mengen der möglichen Karzinogene Arsen, Chrom, Nickel, Eisen vorhanden, daß die kumulative Radioaktivitätsdosis allein für den Anstieg der Lungenkrebsfälle verantwortlich gemacht wurde (130).

Bei der weiteren Beobachtung dieses Kollektivs wurde ein Anstieg des Anteils kleinzelliger Karzinome proportional zur steigenden Radon-Konzentration beschrieben (100). Die Alpha-Strahlung der kurzlebigen Radon-Tochterprodukte war inzwischen als Verursacher der Lungenkrebse gefunden worden (Einzelheiten siehe Kapitel "Strahlenphysikalische Grundlagen"). Um dem gerecht zu werden, wurde für die kumulative Radonexposition ein neues Maß eingeführt: die Work Level Month (WLM). Ein Work Level entspricht $1{,}3 \times 10^5$ MeV potentieller Alpha-Energie durch Radon-Zerfallsprodukte pro Liter Luft. Dieses multipliziert mit der Anzahl der Expositionsmonate ergibt die kumulative Exposition in WLM (131). Zwischen dieser kumulativen Exposition und der standardisierten Lungenkrebsinzidenz pro 10.000 Personen pro Jahr wurde eine direkt proportionale Beziehung gefunden (131).

Durch Zigarettenrauchen wurde das Lungenkrebsrisiko bei den Uranbergleuten um den Faktor 10 erhöht, jedoch kann der Anstieg der Lungenkrebsinzidenz bei diesen Bergleuten nicht allein durch ihre Rauchgewohnheiten erklärt werden (79). Durch das Rauchen wurde die Induktions-

Latenzzeit als signifikant herabgesetzt gefunden, die histologische Struktur des Karzinoms nicht beeinflußt (101). Archer deutete das Rauchen bei den Uranbergleuten als Promotor oder Kokarzinogen, nicht als Synkarzinogen (6).

Die amerikanischen Studien zeigen einen Anstieg der Lungenkrebshäufigkeit bei kumulativen Expositionen von über 120 WLM (7). Im Vergleich dazu wurde die durchschnittliche Exposition der Schneeberger Bergleute vor dem Kriege mit 6480 WLM geschätzt (4). Die WLM-Daten werden aus Radon-Messungen in den Gruben - in den USA über 40.000 Messungen - und der persönlichen Arbeitsgeschichte des einzelnen Bergmannes gewonnen und können durch Messungen von Pb-210, einem Folgenukleid des Radon, das sich im menschlichen Skelettsystem ablagert, überprüft werden. Die auf diesen beiden Wegen gewonnenen Daten stimmen im allgemeinen gut überein (80).

Die neuesten Ergebnisse aus den USA (8) widerlegten die These, daß die histologische Verteilung der Karzinome abhängig von der kumulativen Radonexposition in WLM sei, und zeigen folgende Verteilung der histologischen Typen:

	gesehen	erwartet
kleinzelliges Karzinom	66	1,97
Plattenepithelkarzinom	30	8,27
Adenokarzinom	8	1,86
großzelliges Karzinom	1	1,86
kombinierte Karzinome	2	0,11
	107	14,07

Tab.1: Gesehene und erwartete Bronchialkarzinome, Uranbergleute USA, 1950 - 1970 (nach 8)

Inzwischen zeigen auch die indianischen Uranbergleute den zuvor nicht gesehenen Anstieg der Lungenkrebshäufigkeit (9). Neue Möglichkeiten der Früherkennung werden zur Zeit durch regelmäßige Sputumcytologien (102, 103),

Urinkontrollen der Radioaktivität und Lungendetektor-untersuchungen (53) eröffnet.

Literatur: 3, 4, 6, 7, 8, 9, 53, 54, 80, 100, 102, 103, 130, 131, 134

1.3. Karzinogene Wirkung ionisierender Strahlen außerhalb des Uranbergbaus

Auch in anderen Populationen, die inhalierbarer Radioaktivität ausgesetzt sind, ist es zu Anstiegen der Lungenkrebshäufigkeiten gekommen.

In den Flußspatgruben von St. Lawrence, Neufundland, traten unter den Bergleuten 29-mal mehr Lungenkrebse auf als erwartet. Als Ursache hierfür wurde eine Atmosphäre von 2,5 - 10 WL in den Gruben gefunden (38, 136). 33 bis 45% der Bergleute starben dort an Lungenkrebs.

Ein fünffach erhöhtes Lungenkrebsrisiko trat in den englischen Hämatit-Gruben in Cumberland auf, wo ebenfalls ein erhöhter Radongehalt feststellbar war (78).

Bei einer Atmosphäre von ca. 1 WL in schwedischen Zink- und Bleiminen war das Lungenkrebsrisiko um den Faktor 16 erhöht (15).

Ferner zeigen auch die Überlebenden der Atombombenabwürfe über Hiroshima und Nagasaki erhöhte Leukämie- und nach längerer Latenzzeit auch erhöhte Lungenkrebsrisiken (33, 86).

Demgegenüber tritt nach Angaben der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke (RWE) in Atomkraftwerken bei störungsfreiem Verlauf keine inhalierbare Radioaktivität auf (98). Das Radon kommt in Kernkraftwerken nur in dem Maße vor, wie es mit der Zuluft angesaugt wird, und stammt aus der natürlichen terrestrischen Aktivität.

Bekannt sind seit längerem die kanzerogenen Wirkungen nicht-inhalativer ionisierender Strahlungen, die ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu nennen sind: Osteosarkome entstanden bei Radium-Leuchtzifferblatt-Malern (81) und bei Tuberkulose- und Morbus Bechterew-Patienten, die mit Injektionen von Ra-224 behandelt wurden (36, 83). Ferner entstanden vermehrt Leberkarzinome bei Patienten, bei denen das radioaktive Kontrastmittel Thorotrast (kolloidales Thoriumdioxyd) angewendet wurde (121). Bei Bewohnern der Marshall-Inseln, wo 1954 eine 15-Megatonnen-

Atombombe detonierte, war die Häufigkeit der Schilddrüsentumoren weit erhöht (83). Eine erhöhte Leukämie-Inzidenz wurde sowohl bei Radiologen (60) als auch bei mit radioaktivem Phosphor behandelten Polycythämia-vera-Patienten gefunden (83). Patientinnen, die wegen einer bestehenden Tuberkulose häufig durchleuchtet wurden, entwickelten vermehrt Mammakarzinome (128).

Aus all diesen Ergebnissen wurde versucht, eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Strahlendosis und kanzerogenem Risiko zu ermitteln. Die am meisten akzeptierte Hypothese geht für Alpha- und Neutronenstrahlung von einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung von ganz hohen bis zu ganz niedrigen Dosen aus (5, 23). Hingegen scheinen die anderen Strahlenarten in niedrigen Dosisbereichen ungefährlicher zu sein (128). Es kann nicht von einem unschädlichen Schwellenwert ausgegangen werden, unterhalb dessen keine Spätschäden entstehen können. Mehrere Berechnungen führten zu dem Ergebnis, daß je 120 WLM die Lungenkrebsinzidenz verdoppeln (4).

Literatur: 4, 5, 15, 23, 33, 35, 38, 60, 78, 81, 83, 86, 99, 121, 128, 136

1.4. Strahlenphysikalische und strahlenbiologische Grundlagen

Uran sendet bei seinem Zerfall, der zuletzt zum stabilen Blei führt, Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlen aus. Es zeigt die folgende Zerfallsreihe:

U-238

α ⟵ $4{,}5 \times 10^9$ a

Th-234

β, γ ⟵ 24 d

Pa-234

β, γ ⟵ 1,2 min

U-234

α ⟵ $2{,}5 \times 10^5$ a

Th-230

α ⟵ 8×10^4 a

Ra-226

α, γ ⟵ 1620 a

Rn-222

α ⟵ 3,8 d

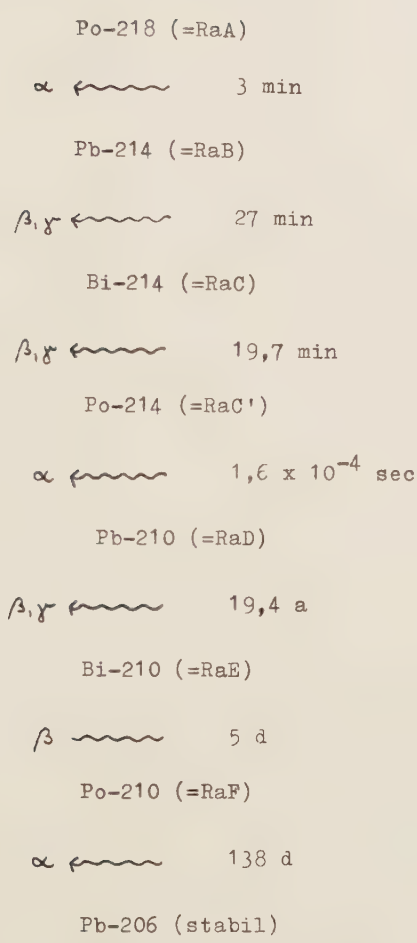


Abb.1: Zerfallsreihe des Uran; Atomgewicht; Halbwertzeit und Art der ausgesandten Strahlung (nach 61, 134)

Als Ursache der Lungenkrebse wurde lange Zeit das Radon, der einzige gasförmige Stoff in der Zerfallsreihe des Uran, angesehen. Für Schneeberg und Joachimsthal nahm man einen Mittelwert der Radon-Konzentration von 29×10^{-10} Ci/l an und postulierte 10^{-11} Ci/l als unschädliche Konzentration (43).

Bei Tierversuchen entstanden in einer Radon-Atmosphäre von 12×10^{-10} Ci/l Adenome, Adenokarzinome und Plattenepithelkarzinome der Lunge (66, 95). Die Aktivität verteilte sich nicht gleichmäßig über die Lunge, sondern wies bestimmte Herde von höherer Radioaktivität auf (73).

1953 entdeckten Cohn und Mitarbeiter, daß die wesentliche Strahlenbelastung für die Lunge nicht vom Radon, sondern von seinen festen radioaktiven Zerfallsprodukten stammt (34). Ausgehend davon erforschten unabhängig voneinander in den USA Bale und Shapiro (18, 114) und in Deutschland Schraub, Aurand und Jacobi (14, 109, 110) die Lungenbelastung. Sie fanden die kurzlebigen Radon-Töchter RaA (Po-218), RaB (Pb-214), RaC (Bi-214) und RaC' (Po-214) als Verursacher der Schneeberger Lungenkrebse. Infolge ihrer Schwermetalleigenschaften sind sie zum größten Teil an den in der Luft enthaltenen Staubpartikeln angelagert. Bei mangelnder Bewetterung erreicht ihre Konzentration annähernd das radioaktive Gleichgewicht mit Radon. Radon selbst wird im Blut und im Gewebe chemisch gelöst und gleichmäßig im Körper verteilt. Seine Konzentration im Gewebe ist wegen seiner geringen Löslichkeit gering. Die Radon-Zerfallsprodukte hingegen werden bei der Inhalation zu 20 - 50% auf dem Bronchial- und Alveolarepithel der Lunge abgeschieden. Ihre biologische Halbwertzeit dort - d.h. die Zeit, in der die Hälfte der Stoffmenge abtransportiert wird - beträgt über zwei Stunden und ist groß im Vergleich zu ihrer physikalischen Halbwertzeit - der Zeit, in der die Hälfte der Stoffmenge radioaktiv zerfällt -, die 30 Minuten beträgt. Die Radon-Tochterprodukte werden also auf dem Bronchial- und Alveolarepithel stark angereichert. Für die kanzerogene Wirkung ist ihre

Alpha-Aktivität entscheidend, wobei die maximale Epitheldosis im Bereich der mittleren Bronchien erreicht wird. Die Strahlenbelastung ist abhängig vom Produkt aus der Konzentration von Radon und seinen Tochterprodukten und der Aufenthaltsdauer in radonhaltiger Luft.

Deswegen wurde 1960 in den USA das Work Level (WL) als Maß eingeführt. Bei Vorliegen von radioaktivem Gleichgewicht zwischen Radon und seinen Zerfallsprodukten entspricht 1 WL einer Radon-Konzentration von 10^{-10} Ci/l.

Die weiteren Folgenukleide RaD (Pb-210) und RaF (Po-210) haben sehr lange Halbwertzeiten und werden zum größten Teil schon vor ihrem Zerfall ausgeschieden. Sie sind also weniger bedeutend, und ihre Aktivität ist im Körper nur mit sehr empfindlichen Methoden nachzuweisen.

Aus der Anlagerung der Radon-Tochterprodukte an Staubteilchen ergibt sich eine Senkung ihrer Konzentration durch verbesserte Ventilation und Staubarmut. Andererseits werden in staubfreier Luft 75% der inhalierten Radioaktivität in der Lunge zurückgehalten, da den radioaktiven Teilchen Kondensationskerne (Staub) fehlen und sie sich so stärker an den Zimmerwänden und in der Lunge anlagern (32).

Das maximal zulässige Dosisäquivalent beträgt bei beruflich exponierten Personen zur Zeit 15 rem/a am kritischen Organ, hier am Bronchialepithel (84). Durch Modellversuche und mathematische Berechnungen wurde abzuschätzen versucht, welche kumulative Radonexposition in WLM dazu führt, daß die Dosis am Bronchialepithel dieses Maximum nicht überschreitet. Dazu wurde abgeschätzt, zu welcher Dosis am Bronchialepithel 1 WLM führt. Aus der Dosis gemessen in rad ergibt sich durch Multiplikation mit dem Bewertungsfaktor für Alpha-Strahlen (üblicherweise 10) die Äquivalentdosis in rem.

Im Ergebnis fand sich, daß die maximal tolerablen WL-Werte in den Gruben ständig weiter gesenkt werden mußten. Evans und Goodman, die nur von einer Belastung durch Radon ausgegangen waren, berechneten Werte, die

0,002 rad pro WLM entsprächen (43). Durch die Entdeckung der Strahlenbelastung durch die Radon-Folgeprodukte und der ungleichen Verteilung in der Lunge fand Shapiro (114) 0,6 rad pro WLM und fanden Chamberlain und Dyson (32) 0,4 rad/WLM. Durch Berücksichtigung weiterer Details, insbesondere des Mucustransports in der Lunge, steigerten sich diese Werte auf 3,0 bzw. 2,9 rad am Bronchialepithel pro WLM (2, 62, 63). Unter Benutzung eines differenzierteren Lungenmodells fanden Haque und Collinson an den Segmentbronchien sogar einen Wert von 12 rad/WLM (50). Diese Abschätzungen schwanken insgesamt von 0,1 - 20 rad/WLM, wobei zur Abschätzung der Risiken von einem Wert von 1 rad/WLM (128), bei Personen mit einer chronischen Bronchitis wegen der dickeren Schleimschicht von nur 0,5 rad pro WLM ausgegangen wird (23). Als entscheidend wird die Dosis an den Basalzellen des Bronchialepithels angesehen, für die zu 95% das schnell zerfallende RaC' (Po-214) verantwortlich gemacht wird (132).

Ausreichende Belüftung verhindert ein radioaktives Gleichgewicht zwischen Radon und seinen Zerfallsprodukten, und es entstehen die folgenden Verhältnisse der Aktivitätskonstanten:

RaA : Rn = 0,5 - 0,6
RaB : Rn = 0,2 - 0,3
RaC : Rn = 0,1 - 0,2

Die potentielle Alpha-Energie beträgt 13,68 MeV für jedes RaA-Atom und 7,68 MeV für RaB- und RaC-Atome (64). Wegen der im Verhältnis zur radioaktiven Halbwertzeit großen biologischen Halbwertzeit der Radon-Töchter geht die International Atomic Energy Agency davon aus, daß die potentielle Alpha-Energie auch der wirklich in der Lunge abgegebenen Alpha-Energie entspricht (61).

Eine Hypothese ganz anderer Art, die die strahleninduzierten Lungenkrebse erklären will, geht von der Beobachtung aus, daß bei Joachimsthaler Bergleuten vermehrt Sporen von Aspergillus flavus zu finden sind, die

die Neigung haben, radioaktives Material anzureichern. Es wird vermutet, daß sie Aspergillome hervorrufen, die aufgrund der radioaktiven Beladung ständig strahlen (60, 70).

Für die Karzinogenes durch ionisierende Strahlen existieren mehrere Hypothesen:

a) Ein Treffer mit Strahlenenergie führt zu DNA-Mutationen.
b) Der Treffer führt zur DNA-Verletzung, und es folgt eine Defektreparatur.
c) Ein RNA-Virus-Partikel in den meisten Zellen mit onkogener Information wird postuliert. Ein Repressor verhindert dessen Funktion. Durch die Strahlen wird diese Kontrolle aufgehoben.
d) RNA wird von DNA gebildet. Diese RNA führt zur Bildung neuer DNA, die im Genom mißplaziert wird.

(10, 128)

Zur Tumorinduktion reicht wohl ein Strahlenschaden an einer oder wenigen Zellen aus (23). Für die Tumorentwicklung wird folgender Mechanismus vermutet:

1) Der Treffer mit Strahlenenergie führt nach einer der obigen Hypothesen zu Genomveränderungen in der Zelle.
2) Wenige Tage danach wird diese Zelltransformation durch Zellteilungen fixiert.
3) Die transformierten Zellen gehen durch Alterungsvorgänge oder durch die Immunabwehr zugrunde oder proliferieren zu einem Mikrotumor.
4) Die Vaskularisierung dieses Mikrotumors führt zum echten Tumor. (120)

Literatur: 2, 10, 14, 17, 18, 22, 23, 27, 31, 32, 34, 43, 48, 50, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 73, 75, 84, 93, 95, 109, 110, 114, 120, 124, 128, 132, 134

Übersichtstabelle der benutzten physikalischen Einheiten

1 Curie = 1 Ci (Einheit des radioaktiven Zerfalls):
1 Ci entspricht $3{,}70 \times 10^{10}$ Zerfällen einer radioaktiven Substanz pro Sekunde.

1 rad (Einheit der Energiedosis):
1 rad = 0,01 J/kg

1 rem (Einheit der Äquivalentdosis = Energiedosis mal Bewertungsfaktor):
Dabei wird die unterschiedliche relative biologische Wirksamkeit der einzelnen Strahlenarten mitberücksichtigt.
1 rem = 0,01 J/kg

1 MeV (Einheit der Energie) = 1 Million eV:
1 eV ist die Energie, die ein Atomteilchen beim Durchlaufen einer elektrischen Potentialdifferenz von 1 Volt erhält.

1 Work Level Month = 1 WLM (Maß für die kumulative inhalierte Radioaktivität):
1 WLM entspricht einem Monat Arbeit in einer Atmosphäre von $1{,}3 \times 10^5$ MeV potentieller Alpha-Energie durch Radon-Zerfallsprodukte pro Liter Luft.

1.5. Geologische und technische Grundlagen

Uran wurde zuerst im Jahre 1787 in der Pechblende (Uranoxyd) von Johann-Georgenstadt entdeckt. 1896 wurde die Radioaktivität des Urans von Becquerel entdeckt, 1898 die Trennung von Uran und Radium aus der Pechblende vom Ehepaar Curie.

Die geochemische Verteilung des Uran in der Erdkruste beruht auf drei unterschiedlichen Anreicherungsmechanismen:

a) Magmatische Gesteine.

Bei der Abkühlung und Erstarrung der Magmen - hochtemperierter Silikatschmelzen - kam es zu einer fraktionierten Kristallisation der einzelnen gelösten Stoffe. Dabei erstarrte das Uran zunächst nicht mit und reicherte sich so an. Basische Granite haben dabei einen geringen und saure einen höheren Urangehalt.

Die Lagerstätten des Erzgebirges zählen zu den magmatischen Gesteinen. Sie sind bei der Auskristallisation der Magmen als floride Restphasen in Bereiche abgewandert, wo ein Druckminimum herrschte (Schrumpfrisse, Spalten). Dort kristallisierten sie als horizontale Erzkörper = Erzflöße aus. Dieses wird als hydrothermale Ganglagerstätte bezeichnet. Im Erzgebirge finden wir in der Ag-Co-Ni-Bi-U-Formation die enge Paragenese dieser Elemente.

Ähnliche Vorkommen existieren am Großen Bärensee (Kanada), in Przibram (CSSR) und in der Bundesrepublik im Saarland, im Schwarzwald und in der Oberpfalz. Die letzteren sind jedoch wegen ihres geringen Urangehaltes weniger bedeutend.

b) Metamorphe Gesteine.

Durch Veränderung der chemischen und physikalischen Bedingungen wurde bei gleichem Gehalt die Verteilung der einzelnen Elemente in bereits bestehenden Gesteinen umgewandelt. Dieses geschah besonders aufgrund von Druck- und Temperaturänderungen bei der Überlagerung älterer

Gesteine durch jüngere.

c) Sedimentgesteine.

Uran ist in der Natur nur in der vier- und sechswertigen Stufe vorhanden. Dabei ist das vierwertige Uran unlöslich, das sechswertige hingegen gut löslich. Der Transport des Uran erfolgt durch den Wandel dieser Wertigkeit. So sind durch Verwitterung und Zersetzung feste vierwertige Uranmineralien in die sechswertige Form überführt und in Lösung weitertransportiert worden. In den festländischen Sammelbecken reicherten sie sich an und wurden durch Eisen, Schwefel, bestimmte Mineralien und organische Stoffe wieder reduziert und somit ausgefällt. So sind unter anderem die Lagerstätten des Colorado-Plateaus in den USA entstanden, wo auf einer Fläche von 100.000 km^2 viele kleine Gruben existieren.

Uranerz enthält meist 0,5 - 5% Uran. Lagerstätten mit einem Urangehalt von weniger als 0,1% gelten üblicherweise als nicht wirtschaftlich abbauwürdig.

Die wichtigsten Mineralien des Uran sind die Oxyde. Das Uranitit, ein kristallines grauschwarzes Erz, enthält 50 - 85% U_3O_8. Die Pechblende, das Hauptmineral des Erzgebirges, ist seine amorphe Varietät. Sie ist schwarz bis grün-grau und enthält ähnlich viel U_3O_8. Ferner hat das Carnotit als Uran-Vanadium-Erz mit der Formel $K_2(UO_2VO_4)$ wirtschaftliche Bedeutung. Diese zitronengelben Kristalle sind das Hauptmineral des Colorado-Plateaus.

Die bedeutendsten Uranvorkommen der Welt befinden sich in Kanada, in den USA, in Südafrika, in der Sowjetunion, im Kongo, in Australien und in Frankreich.

Bei der Abbautechnik besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Uran- und anderem Erzbergbau. Uran wird im Tiefbau und im offenen Abbau gefördert. Im Erzgebirge wurde es im wesentlichen im Tiefbau gefördert, doch erstreckten sich nach dem 2.Weltkrieg auch offene Abbaugebiete bis nach Dresden und Ronneburg.

Im Tiefbau wurden von der Wismut AG zuerst die alten

Gruben, die teils schon 1910 geschlossen worden waren, wiedereröffnet. Später wurden neue Schächte vorangetrieben, deren Innenausbau denen im Ruhrgebiet ähnelte, doch fehlte wegen des harten Gesteins häufig die Holzverschalung.

In den ersten Nachkriegsjahren wurde dabei wenig Wert auf die im Bergbau üblichen Arbeitsschutzmaßnahmen gelegt, insbesondere wurde die Wetterführung durch natürliche und künstliche Be- und Entlüftung vernachlässigt. Dadurch erhöhten sich die Konzentrationen der gefährlichen Radon-Folgeprodukte in den Schächten erheblich.

Die einzelnen Sohlen lagen 50 - 60 Meter auseinander und waren jeweils durch einen Hauptschacht und mehrere Blindschächte verbunden. Zum Abbau wurden die Erzrollen durch Holzverschalung abgesichert, dann mit Handbohrmaschinen Sprenglöcher ins Nebengestein gebohrt und das Erz vorsichtig auf ausgelegte Planen freigeschossen. Die Uranadern mit einem Durchmesser von 0,5 - 10 cm wurden mit dem Preßlufthammer oder mit Spitzeisen und Fäustel auf Zeltplanen gewonnen. Zur Förderung dienten Schubkarren oder Miniaturgleise mit Abbauhunden (kleinen Rollwagen mit Kippvorrichtung), die elektrisch oder von Hand weitertransportiert wurden. Die gefüllten Waggons kamen dann zur Radioaktivitätskontrolle mit dem Geigerzähler, wo sie nach vier Klassen geordnet und in Kisten verladen wurden. Im zentralen Aufbereitungsgebäude wurden sie mechanisch weiter zerkleinert und maschinell pulverisiert, um dann zur Reingewinnung des Urans verhüttet zu werden. Heute sind viele dieser Tätigkeiten durch die fortschreitende Technik weithin automatisiert worden.

Das für die Kernkraftwerke nötige, von thermischen Neutronen spaltbare Uran-Isotop 235 beträgt nur 0,711% des Gesamtisotopengemisches, das im wesentlichen aus U-238 besteht. Die Trennung dieser Isotopen erfolgt im Gasdiffusionsverfahren: Das Oxyd des Urans wird in Uranhexafluorid umgewandelt, einen Stoff, der schon bei 56,5° C direkt vom festen in den gasförmigen Aggregations-

zustand übergeht. Dieses Gas wird durch eine poröse Wand geleitet, die von U-235 und U-238 unterschiedlich schnell durchdrungen wird. 2.000 bis 4.000 solcher Anreicherungsschritte nacheinander heben den U-235-Gehalt auf über 3%. Für Forschungszwecke sind sogar Anreicherungen von über 90% möglich. Nach der Anreicherung wird das Uranhexafluorid wieder in Urandioxyd umgewandelt und so in den Brennstäben der Kernkraftwerke eingesetzt.

Die Bedeutung des Urans liegt seit Otto Hahns Entdekkung der Kernspaltung 1938 auf militärischem Gebiet (Nuklearwaffen) und auf dem Gebiet der Energiegewinnung. Zuvor war es in geringen Mengen zur Herstellung von fluoreszierendem Uranglas, zu Uranglasurfarben und zu medizinischen Zwecken gefördert worden.

Literatur: 24, 37, 41, 42, 44, 45, 47, 67, 82, 88, 108, 115, 123, 129, 133, 134

1.6. Ziel dieser Arbeit

Sämtliche medizinischen und technischen Daten über den massiven Ausbau der Uranförderung im Erzgebirge nach dem 2.Weltkrieg wurden von sowjetischen Stellen unter Verschluß genommen und der Öffentlichkeit nicht dargestellt. Noch 1937 war die Stillegung der Gruben wegen ihrer Gesundheitsgefährdung geplant, zehn Jahre später waren im Bezirk Schneeberg, Neustädtel, Aue 18.000 Männer und Frauen in den Urangruben beschäftigt (16). Es entstand durch die fehlenden Informationen der Eindruck, daß bei diesen Beschäftigten keine Gesundheitsgefährdung aufgetreten sei und die Schneeberger Lungenkrebse der Vergangenheit angehörten (68). Holstein (55) sieht in seinem in Leipzig erschienenen Buch die Emanationskonzentrationen auch bei langer Expositionszeit als ungefährlich an, und Spencer schreibt 1977 über die Situation der Schneeberger Bergleute nach dem Kriege: "Lung cancer among the Schneeberg miners is now becoming increasingly rare because of the improved ventilation and safety measures employed." (119)

Ziel dieser Arbeit ist nun, die Spitze eines Eisberges von entgegen dieser euphemistischen Vorstellungen doch aufgetretenen Lungenkrebsen bei den Uranbergleuten aufzuzeigen. Mit Hilfe der in der Bundesrepublik zugänglichen Informationen soll dargestellt werden, unter welchen Umständen diese gehäuften Berufskrebse zustandekamen und wie sie sich manifestierten. Damit soll auch einer bestehenden Unsicherheit auf gutachterlichem Gebiet zu diesem Problem geholfen werden.

2. Material und Methoden

Aus dem Material der Bergbau-Berufsgenossenschaft Bochum wurden 45 Akten von nach BKVO Ziffer 27 bzw. 2402 - Erkrankungen durch ionisierende Strahlen - anerkannten Berufskrankheiten ausgewertet.

Es handelt sich um 43 Fälle von Lungenkrebs, eine Leukämie und eine Retikulosarkomatose, die im Uranbergbau aufgetreten sind. Die folgende Darstellung beschränkt sich auf die Darstellung der Lungenkrebsfälle.

Es wurden nach dem Kriege weitere sieben Fälle anerkannt, über die leider kein Aktenmaterial mehr vorhanden ist.

Weitere vier Fälle von Lungenkrebs, die sich noch im Anerkennungsverfahren befinden, wurden durch das Entgegenkommen zweier Krankenhäuser zugänglich gemacht. Sie erfüllen die inneren Voraussetzungen der Anerkennung, so daß diese als praktisch sicher anzusehen ist.

Diese Arbeit erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Dunkelziffer ist hier aus zwei Gründen sehr hoch. Erstens wird wie bei allen Berufskrankheiten nicht in allen Fällen die Beziehung zwischen beruflicher Exposition und Krankheit gesehen, zumal eine lange Latenzzeit zwischen Exposition und Krankheit besteht. Solche Entdeckungen entstammen meist der kritischen Aufmerksamkeit von arbeitsmedizinisch geschulten Ärzten und evtl. auch Laien.

Zum anderen liegt der Ort der Uranexposition bei der weit überwiegenden Zahl der Fälle - 45 von 47 - außerhalb der Bundesrepublik Deutschland, so daß hier nur die betroffenen Personen bekannt werden, die bzw. deren Familie durch Flucht oder Umsiedlung in die Bundesrepublik gekommen sind. Die wirkliche Zahl der dort aufgetretenen Lungenkrebsfälle wird also weit höher, aber im Prinzip unbekannt sein.

Die vorliegenden Akten wurden nach einheitlichen Kri-

terien durchgesehen. Die wesentlichen zu erfassenden Daten waren: persönliche Daten; Zeit, Ort und Art der Uranexposition; Latenzzeit; Überlebenszeit nach Entdeckung des Lungenkrebses; Therapie; Lokalisation und Histologie des Karzinoms; klinische Daten bei der Entdeckung; Grad einer evtl. bestandenen Silikose; Raucheranamnese.

Nicht in allen Fällen sind all diese Daten bekannt, da die Wismut AG, die Gesellschaft des sächsischen Uranbergbaus, meist keine Auskunft erteilte:

> "...teilen wir Ihnen mit, daß der Obengenannte das Gebiet der DDR ohne Beachtung der polizeilichen Meldevorschriften bzw. der geltenden Paßbestimmungen verlassen hat. Wir sehen uns deshalb nicht in der Lage, Auskunft zu erteilen. Wir betrachten diese Angelegenheit als erledigt und bitten, von weiteren Rückfragen Abstand zu nehmen."

Insbesondere wurden die Messungen der Radon-Konzentrationen in den Gruben nicht veröffentlicht, so daß für die WLM-Abschätzungen auf die Vorkriegsmeßdaten zurückgegriffen werden mußte.

Von den 47 exponierten Personen, die nach dem 2.Weltkrieg ein Bronchialkarzinom entwickelten, waren sechs im wesentlichen vor dem Kriege in den Gruben beschäftigt, die anderen ausschließlich nach dem 2.Weltkrieg.

3.1. Kasuistische Tabelle

	Fall	Sterbealter	Expositionszeit	WLM
1)	I.B.	54 J. 3 M.	7 J. 3 M.	1000
2)	F.B.	64 J. 7 M.	11 J. 5 M.	1600
3)	W.F.	70 J. 6 M.	8 J. 7 M.	1200
4)	H.G.	64 J. 5 M.	2 J.	300
5)	B.K.	74 J. 4 M.	8 J. 7 M.	1200
6)	W.K.	29 J. 6 M.	7 J.	900
7)	K.K.	53 J. 1 M.	27 J.	5900
8)	A.K.	56 J. 9 M.	12 J. 11 M.	1500
9)	A.K.	56 J. 7 M.	22 J.	3000
10)	E.L.	- +	4 J.	500
11)	W.M.	64 J. 9 M.	8 J.	1100
12)	L.N.	-	2 J. 7 M.	400
13)	T.P.	57 J. 4 M.	8 J. 2 M.	1100
14)	L.P.	50 J. 8 M.	6 J. 2 M.	1400
15)	A.S.	62 J. 6 M.	8 J. 3 M.	1100
16)	K.S.	47 J.	6 J. 11 M.	900
17)	K.W.	64 J. 9 M.	6 J. 9 M.	900
18)	E.W.	54 J. 5 M.	17 J.	2100
19)	F.W.	57 J. 7 M.	16 J. 6 M.	2100
20)	F.P.	54 J. 7 M.	24 J.	7900
21)	M.S.	48 J. 2 M.	7 J. 10 M.	1000
22)	M.S.	64 J. 9 M.	3 J. 3 M.	400
23)	F.A.	48 J. 9 M.	7 J. 2 M.	1000
24)	W.S.	71 J. 10 M.	22 J. 3 M.	6200
25)	I.W.	57 J. 6 M.	22 J. 4 M.	4800
26)	K.M.	31 J. 2 M.	5 J. 3 M.	700
27)	H.S.	45 J.	4 J. 4 M.	600
28)	I.F.	59 J. 11 M.	18 J.	2200
29)	H.R.	69 J. 2 M.	19 J.	6100
30)	F.B.	63 J. 10 M.	13 J. 3 M.	1700

+ - = keine Angaben vorhanden

	Latenzzeit	Überlebenszeit	Therapie
1)	20 J. 3 M.	1 J. 7 M.	Pneumektomie Bestrahlung
2)	20 J. 9 M.	-	-
3)	20 J. 1 M.	5 J. 7 M.	-
4)	28 J. 5 M.	2 J. 1 M.	Bestrahlung
5)	26 J. 8 M.	1 J. 10 M.	-
6)	8 J.	9 M.	Bestrahlung
7)	27 J.	1 M.	-
8)	18 J. 4 M.	3 M.	-
9)	22 J.	10 M.	-
10)	22 J.	-	-
11)	15 J. 3 M.	1 J. 5 M.	Bestrahlung
12)	27 J. 5 M.	-	-
13)	10 J. 2 M.	6 M.	Bestrahlung
14)	9 J. 11 M.	1 M.	-
15)	24 J. 1 M.	4 M.	-
16)	9 J. 1 M.	1 J. 8 M.	-
17)	29 J. 1 M.	4 M.	-
18)	29 J.	-	-
19)	19 J. 1 M.	1 J. 5 M.	-
20)	35 J.	-	-
21)	15 J. 11 M.	1 J.	Pneumektomie
22)	11 J. 10 M.	10 M.	-
23)	14 J. 11 M.	1 J. 1 M.	Bestrahlung
24)	51 J. 5 M.	4 M.	-
25)	33 J. 1 M.	7 M.	-
26)	11 J. 11 M.	10 M.	-
27)	16 J. 6 M.	1 J. 1 M.	Pneumektomie
28)	20 J. 4 M.	8 M.	Bestrahlung
29)	53 J.	7 M.	-
30)	16 J. 1 M.	1 M.	-

	histologischer Typ	Lokalisation
1)	nicht-verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Oberlappen
2)	kleinzelliges Karzinom	rechter Oberlappen
3)	-	rechter Oberlappen
4)	kleinzelliges Karzinom	rechter Oberlappen
5)	kleinzelliges Karzinom	linker Unterlappen
6)	kleinzelliges Karzinom	rechter Hauptbronchus
7)	-	-
8)	kleinzelliges Karzinom	rechter Unterlappen
9)	-	-
10)	nicht-verhornendes Plattenepithelkarzinom	linker Unterlappen
11)	-	rechter Unterlappen
12)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Unterlappen, linker Oberlappen
13)	kleinzelliges Karzinom	linker Unterlappen
14)	kleinzelliges Karzinom	rechter Unterlappen
15)	großzelliges Karzinom	linker Oberlappen
16)	kleinzelliges Karzinom	linker Hauptbronchus
17)	kleinzelliges Karzinom	rechter Oberlappen
18)	-	-
19)	nicht-verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Oberlappen
20)	-	-
21)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Unterlappen
22)	kleinzelliges Karzinom	rechter Unterlappen
23)	kleinzelliges Karzinom	linker Oberlappen
24)	kleinzelliges Karzinom	linker Hauptbronchus
25)	kleinzelliges Karzinom	rechter Oberlappen
26)	kleinzelliges Karzinom	linker Oberlappen
27)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	linker Oberlappen
28)	kleinzelliges Karzinom	linker Oberlappen
29)	kleinzelliges Karzinom	-
30)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	-

	Silikose	Rauchen	Beschäftigungsort
1)	I	-	Niederschlema
2)	II	-	Aue
3)	II	-	Oberschlema
4)	I	Zigarren	Annaberg
5)	II	-	Schneeberg
6)	-	-	Auerbach
7)	-	-	Jachymov
8)	keine	über 20/d	Weißenstadt
9)	-	-	Niederschlema, Annaberg, Johann-Georgenstadt
10)	I	über 20/d	Aue
11)	I	-	Niederschlema
12)	I	über 20/d	Schneeberg, Oberschlema
13)	I	-	Niederschlema, Schneeberg
14)	II	-	Weißenstadt
15)	I	-	Auerbach
16)	I	-	Oberschlema
17)	I	über 20/d	Aue
18)	II	-	Horni Slavkov
19)	-	-	Pribram, Jachymov, Medenec
20)	III	-	Jachymov
21)	keine	-	Horni Slavkov
22)	II	-	Oberschlema
23)	keine	-	Oberschlema
24)	II	-	Jachymov
25)	II	-	Jachymov
26)	I	Nichtraucher	Oberschlema
27)	I	Pfeife	Aue
28)	keine	-	Jachymov
29)	II	10-20/d	Jachymov
30)	-	-	Jachymov

	Fall	Sterbealter	Expositionszeit	WLM
31)	I.G.	65 J. 5 M.	15 J.	2000
32)	I.S.	59 J. 2 M.	20 J. 10 M.	4700
33)	A.W.	64 J. 9 M.	2 J. 1 M.	300
34)	K.K.	56 J. 4 M.	9 J. 5 M.	1300
35)	I.B.	66 J. 9 M.	17 J. 5 M.	2200
36)	W.S.	59 J. 1 M.	8 J. 6 M.	1200
37)	W.S.	66 J. 11 M.	2 J. 3 M.	300
38)	J.Z.	70 J.	15 J.	1900
39)	H.G.	54 J. 10 M.	6 J.	800
40)	I.K.	56 J. 4 M.	14 J. 4 M.	1800
41)	R.M.	54 J. 3 M.	6 J. 2 M.	800
42)	O.T.	44 J. 11 M.	6 J.	700
43)	R.B.	54 J. 8 M.	4 J. 4 M.	600
44)	F.R.	63 J. 10 M.	9 J.	1200
45)	K.P.	56 J. 6 M.	3 J. 11 M.	500
46)	E.S.	56 J. 4 M.	1 J.	100
47)	I.Z.	69 J. 9 M.	14 J. 4 M.	1800

	Latenzzeit	Überlebenszeit	Therapie
31)	25 J.	11 M.	-
32)	36 J.	1 M.	-
33)	21 J. 8 M.	11 M.	-
34)	18 J. 4 M.	3 M.	-
35)	23 J. 2 M.	1 J.	-
36)	24 J. 1 M.	1 J. 11 M.	Bestrahlung
37)	24 J. 11 M.	2 M.	-
38)	22 J.	4 J. 5 M.	-
39)	17 J. 10 M.	1 J. 10 M.	-
40)	20 J. 2 M.	4 M.	-
41)	22 J. 1 M.	1 J. 1 M.	Pneumektomie
42)	19 J.	10 M.	Pneumektomie
43)	14 J. 7 M.	8 M.	-
44)	12 J.	2 M.	Bestrahlung
45)	19 J. 5 M.	2 J. 3 M.	-
46)	19 J. 11 M.	-	-
47)	29 J. 1 M.	-	-

	histologischer Typ	Lokalisation
31)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Unterlappen
32)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	-
33)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	linker Hauptbronchus
34)	kleinzelliges Karzinom	linker Oberlappen
35)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Hauptbronchus
36)	nicht-verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Oberlappen
37)	kleinzelliges Karzinom, verhornendes Platten-epithelkarzinom	rechter Oberlappen, linker Oberlappen
38)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Unterlappen
39)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	linker Unterlappen
40)	großzelliges Karzinom	rechter Unterlappen
41)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Oberlappen
42)	-	-
43)	kleinzelliges Karzinom	rechter Mittellappen
44)	kleinzelliges Karzinom	rechter Oberlappen
45)	verhornendes Plattenepithelkarzinom	rechter Hauptbronchus
46)	kleinzelliges Karzinom	linker Oberlappen
47)	-	rechter Hauptbronchus

	Silikose	Rauchen	Beschäftigungsort
31)	I	-	Niederschlema
32)	I	-	Jachymov
33)	-	unter 10/d	Aue
34)	I	-	Schneeberg, Oberschlema
35)	I	über 20/d	Jachymov, Schmiedeberg
36)	II	unter 10/d	Johann-Georgenstadt
37)	I	über 20/d	Aue
38)	I	Nichtraucher	Jachymov
39)	keine	Pfeife	Niederschlema
40)	I	-	Pribram, Jachymov
41)	I	-	Schneeberg, Oberschlema
42)	I	-	Krasno
43)	II	10-20/d	Johann-Georgenstadt
44)	I	Pfeife	Aue
45)	II	-	Niederschlema, Johann-Georgenstadt
46)	keine	unter 10/d	Annaberg, Schneeberg, Oberschlema
47)	I	10-20/d	Horni Slavkov

3.2. Sterbealter

45 der 47 Patienten sind inzwischen verstorben. Ihr Sterbealter schwankt zwischen 29,5 und 74,3 Jahren. Es ergibt sich ein Mittelwert von 58,2 Jahren mit einer Standardabweichung von 9,4 Jahren. Es zeigt sich die folgende Häufigkeitsverteilung:

Jahre	Fallzahl
25 - 29	1
30 - 34	1
35 - 39	-
40 - 44	1
45 - 49	4
50 - 54	8
55 - 59	12
60 - 64	9
65 - 69	5
70 - 74	4
	45

Im Vergleich zum Sterbealter der Gesamtbevölkerung nach Daten von 1950 - 1975 in Fünfjahresabständen (nach 127) zeigt sich eine Vorverlegung des Sterbealters um ca. 15 Jahre.

Die Vorverlegung des Sterbealters verglichen mit den Daten sämtlicher Lungenkrebsfälle der Gesamtbevölkerung (Mittelwert aus den Daten von 1964 - 1971 (nach 36) beträgt 10 Jahre (Linksverschiebung)).

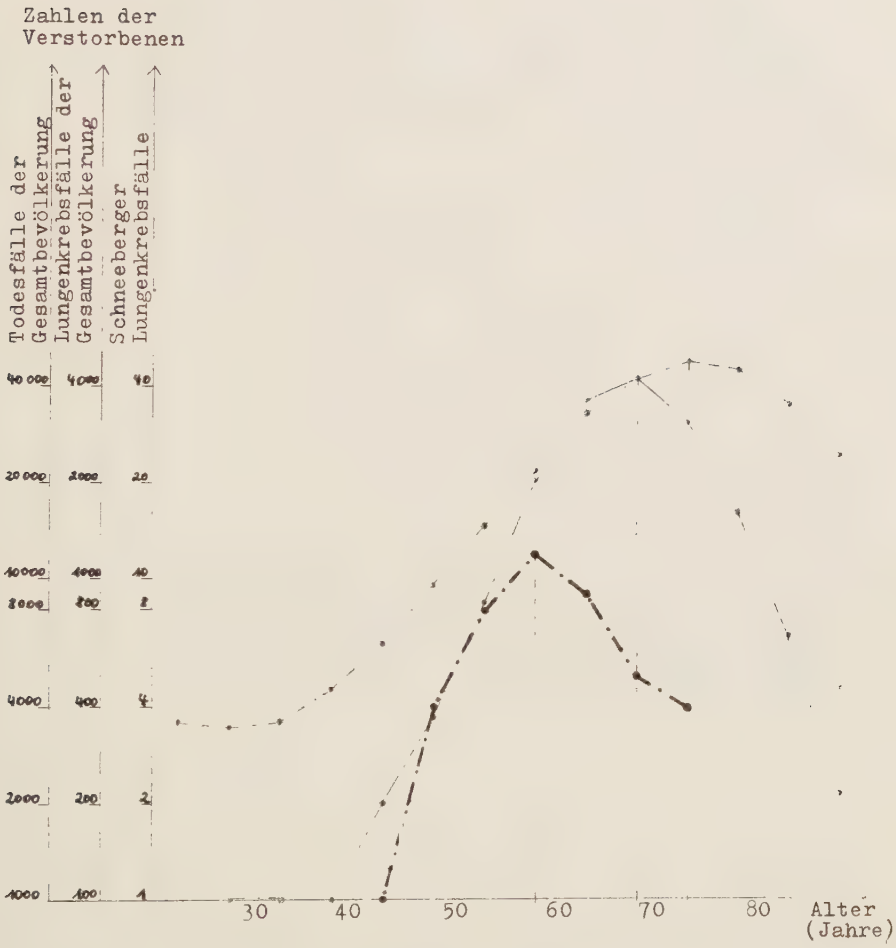


Abb.2: Vergleich der Sterbealter der Schneeberger Lungenkrebsfälle (•—•) mit den Sterbealtern an Lungenkrebs in der Gesamtbevölkerung (——) und den Gesamtbevölkerungstodesfällen (- -). Linksverschiebung um 10 Jahre.

3.3. Expositionszeit

Als Expositionszeit wird hier die Zeit bezeichnet, in der die Bergleute unter Tage vor Uran gearbeitet haben. Sie schwankt zwischen einem Jahr und 27 Jahren und beträgt im Mittel 10,3 Jahre mit einer Standardabweichung von 6,6 Jahren. Im einzelnen ergibt sich die folgende Verteilung:

Jahre	Fallzahl
< 5	11
6 - 10	18
11 - 15	7
16 - 20	6
21 - 25	4
26 - 30	1
	47

Die sechs längsten Expositionszeiten sind die der sechs Bergleute, die vor dem Krieg in den Schächten gearbeitet hatten. Sie haben einen Mittelwert von 22,6 Jahren, während der der nach dem Kriege exponierten Personen 8,8 Jahre beträgt.

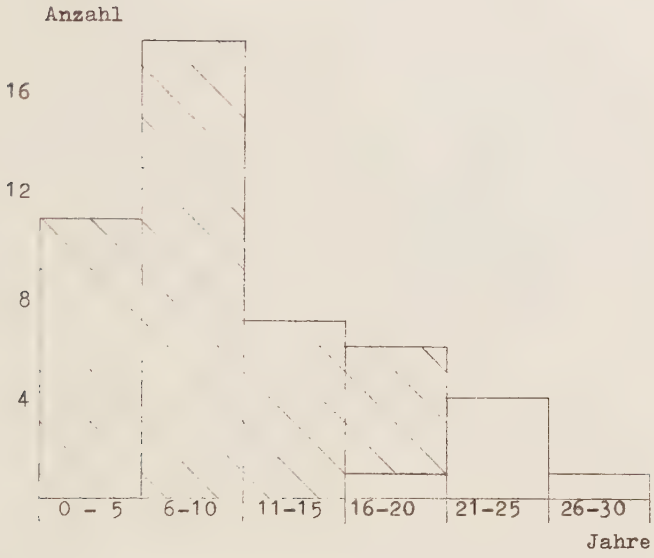


Abb.3: Verteilung der Expositionszeiten
(Vorkriegsexponierte - vor 1939,
Nachkriegsexponierte - nach 1945)

3.4. Kumulative Exposition gegenüber Radon-Folgeprodukten

Mit Hilfe der Vorkriegsmessungen der Radon-Konzentrationen in den Schächten des Erzgebirges wurde für das Schneeberger Revier eine durchschnittliche Schachtkonzentration von 14 x 10^{-10} Ci/l und für das Joachimsthaler Revier von 13 x 10^{-10} Ci/l errechnet. Das Radon-Folgenukleid RaA kann wegen seiner geringen Halbwertzeit als im radioaktiven Gleichgewicht mit Rn angenommen werden, während der Anreicherungsgrad von RaB und RaC in vergleichbaren Gruben etwa bei 70% liegt. Daraus resultieren Atmosphären im sächsischen Uranbergbau von ca. 11,2 WL, im böhmischen von ca. 10,4 WL.

Aus den persönlichen Arbeitsgeschichten der Bergleute und diesen Werten folgen kumulative Radon-Expositionen zwischen 100 und 7900 WLM. Der Mittelwert liegt bei 1800 WLM.

Die Häufigkeitsverteilung bei den einzelnen WLM-Werten beträgt:

WLM	Fallzahl
100 - 500	8
501 - 1000	12
1001 - 1500	10
1501 - 2000	6
2001 - 2500	4
> 2500	7
	47

Es fand sich keine Abhängigkeit des histologischen Karzinom-Typus von der kumulativen Dosis.

3.5. Latenzzeit

Da ein genauer Zeitpunkt der Karzinominduktion natürlich nicht nachweisbar ist, wird unter der Latenzzeit der Zeitraum von Beginn der Uranexposition bis zum ersten Auftreten klinischer Symptome des Karzinoms verstanden. Dazu ergibt sich ein Mittelwert von 22,0 Jahren mit einer Standardabweichung von 9,3 Jahren. Die kürzeste beobachtete Latenzzeit beträgt 8,0 Jahre, die längste 53,0 Jahre. Im einzelnen verteilen sich die Werte folgendermaßen:

Jahre	Fallzahl
1 - 10	3
11 - 20	22
21 - 30	17
31 - 40	3
41 - 50	-
51 - 60	2
	47

Die Sterbealter der Patienten mit einer Latenzzeit von 1 - 10 Jahren betragen 29, 47 bzw. 50 Jahre, während die Patienten mit Latenzzeiten zwischen 11 und 20 Jahren im folgenden Alter verstarben:

Jahre	Fallzahl
25 - 29	-
30 - 34	1
35 - 39	-
40 - 44	1
45 - 49	3
50 - 54	3
55 - 59	8
60 - 64	5
65 - 69	-
> 70	1

In der Gruppe mit Latenzzeiten von unter 20 Jahren finden sich drei Pfeifenraucher, je ein Raucher von weniger als 10, 10 - 20 und über 20 Zigaretten täglich und ein Nichtraucher.

Die sechs längsten Latenzzeiten sind wiederum die der Vorkriegsexponierten, deren Mittelwert 39,3 Jahre beträgt gegenüber 19,5 Jahren bei den Nachkriegsexponierten.

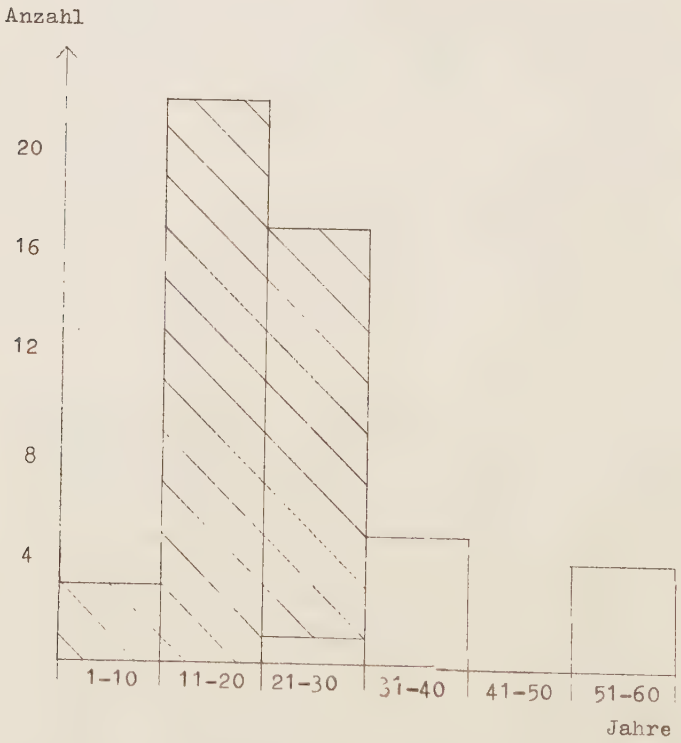


Abb.4: Verteilung der Latenzzeiten
(Vorkriegsexponierte - vor 1939,
Nachkriegsexponierte - nach 1945)

3.6. Überlebenszeit

Nach der Entdeckung des Lungenkrebses schwankt die Zeit bis zum Eintritt des Todes von 0 Monaten bis zu 5,6 Jahren. Der Mittelwert beträgt 0,9 Jahre.

Neun Patienten wurden mit einer Bestrahlungstherapie behandelt und überlebten die Diagnosestellung um durchschnittlich 1,3 Jahre. In fünf Fällen wurde eine Pneumektomie durchgeführt. Hier betrug die mittlere Überlebenszeit 1,1 Jahre.

3.7. Histologie der Lungenkrebse

In 42 Fällen liegen Angaben über die Methode der Tumordiagnose vor:

Methode	Fallzahl
Sektion/Resektion	33
Bronchoskopie mit Histologie	5
Sputumcytologie	3
Röntgenbefund	1
	42

Dabei sind 39 histologische Differenzierungen des Tumortyps angegeben:

histologischer Typ	Fallzahl	
1. kleinzelliges Karzinom	20	(51%)
2. verhornendes Plattenepithelkarzinom	12	(31%)
3. nicht-verhornendes Plattenepithelkarzinom	4	(10%)
4. großzelliges Karzinom	2	(5%)
5. kombiniertes Karzinom (1 und 2)	1	(3%)
	39	

Der Fall A.M. - Expositionszeit zwei Jahre in Oberschlema, Sterbealter 42 Jahre 2 Monate, histologischer Typ: metastasierendes Adenokarzinom - ist in dieser Aufstellung nicht enthalten.

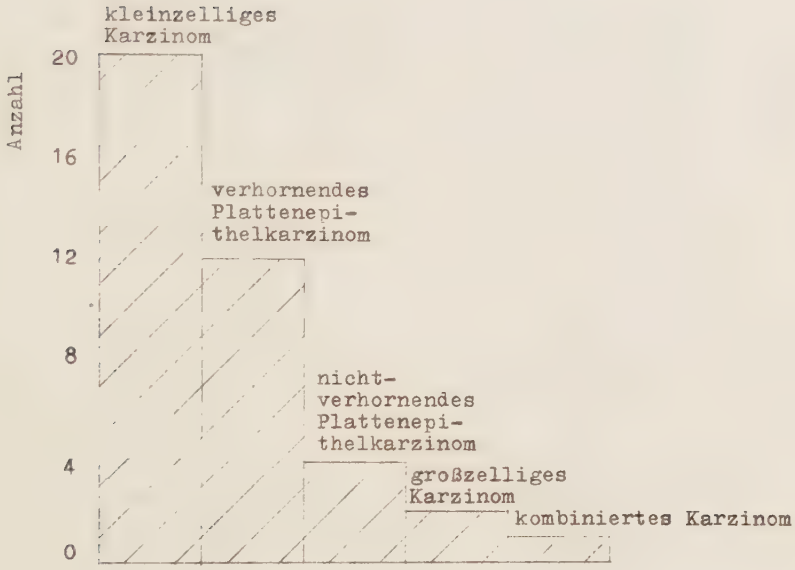


Abb.5: Verteilung der histologischen Karzinomtypen

3.8. Lokalisation der Tumoren

Auch über die Lokalisation der Karzinome sind in 39 Fällen Angaben vorhanden. Darunter befinden sich zwei Doppelkarzinome (rechter und linker Lungenoberlappen bzw. rechter Unterlappen und linker Oberlappen). Die übrigen Karzinome verteilen sich folgendermaßen:

Lokalisation	Fallzahl	
rechte Lunge:		
Hauptbronchus	4	
Oberlappen	10	
Mittellappen	1	
Unterlappen	8	23
linke Lunge:		
Hauptbronchus	3	
Oberlappen	7	
Unterlappen	4	14
		37

In den Sektionsprotokollen findet sich 22-mal die Angabe einer zentralen Karzinomlokalisation und 5-mal die einer peripheren Lage.

3.9. Metastasen

Zur Frage nach dem Vorhandensein von Metastasen wird in 35 Akten Stellung genommen. Dabei finden sich in 26 Fällen Karzinommetastasen:

Organ	Fallzahl
Leber	13
Skelettsystem	9
Hirn	3
kontralaterale Lunge	2
Niere	1
Nebenniere	1
Pankreas	1
Aorta	1

Desweiteren kam es bei einigen Patienten zur malignen Infiltration des Tumors in

Pleura	7
Herzbeutel	7
Brustwand	3

In 30 Fällen finden sich Angaben über einen möglichen Befall von Lymphknoten. Lymphknotenmetastasen waren bei 26 Patienten vorhanden:

Lymphknotengruppe	Fallzahl
Hiluslymphknoten	18
Bifurkationslymphknoten	12
Mediastinallymphknoten	12
Cervicallymphknoten	9
Abdominallymphknoten	8

3.10. Klinische Daten bei der Entdeckung der Bronchialkarzinome

Während bei fünf Patienten das Karzinom bei einer Routine-Röntgenuntersuchung auffiel, wurden 32 andere Tumoren aufgrund subjektiver Krankheitssymptome entdeckt. Folgende Beschwerden führten zur Diagnose:

Symptome[+]	Fallzahl
Husten	19
Auswurf	19
Dyspnoe	18
Hämoptysen	14
Brustschmerz	11
Gewichtsverlust	8
Fieber	7
Nachtschweiß	5
Müdigkeit	3
neurologische Beschwerden	2
Rückenschmerzen	1

[+]Bei den meisten Fällen bestand jeweils mehr als ein Symptom.

Zum Diagnosezeitpunkt waren auch die folgenden klinischen Zeichen auffällig (Angaben in 25 Fällen):

Symptome	Fallzahl
BSG-Erhöhung	20
Auskultationsbefund	13
Perkussionsbefund	6
Herabsetzung der Vitalkapazität	6
Leukozytose	5
Erhöhung des Alpha2-Globulins	5
Erhöhung des Gamma-Globulins	4

Symptome	Fallzahl
Anämie	4
Abfall des Serumeisens	4
Anstieg der LDH	2
Anstieg des Serumkupfers	1

3.11. Gleichzeitige Silikose

Bei 41 Angaben darüber, ob neben dem Bronchialkarzinom auch eine Silikose bestand, ergab sich:

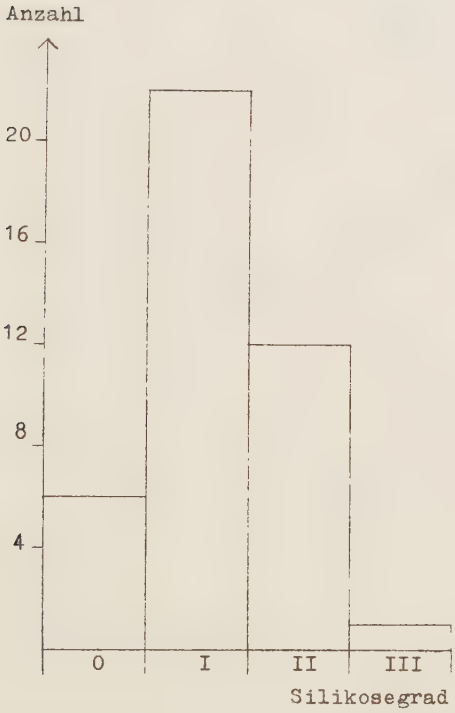
keine Silikose	6
Silikose I	22
Silikose II	12
Silikose III	1

Bei der weiteren Aufgliederung der Personen ohne Silikose bzw. mit Silikose I zeigt sich:

	keine Silikose	Silikose I
Sterbealter		
30 - 34	-	1
35 - 39	-	-
40 - 44	-	1
45 - 49	2	2
50 - 54	1	2
55 - 59	3	6
60 - 64	-	5
65 - 69	-	4
> 70	-	1
Expositionszeit		
0 - 5	1	6
6 - 10	3	10
11 - 15	1	4
16 - 20	1	2

Es finden sich in der Gruppe der Beschäftigten mit fehlender bzw. geringer Silikose folgende Rauchgewohnheiten:

Nichtraucher	1
< 10 Zigaretten am Tag	1
10-20 Zigaretten am Tag	1
> 20 Zigaretten am Tag	6
Zigarren	1
Pfeife	3



3.12. Raucheranamnese

Leider sind nur in 18 Fällen Angaben zu den Rauchgewohnheiten gemacht worden, da erst in den letzten Jahren der Blick für diese Fragestellung auch bei Uranbergleuten geschärft worden ist. Im einzelnen zeigen diese 18 Patienten folgende Rauchanamnesen:

Nichtraucher	2
< 10 Zigaretten pro Tag	3
10-20 Zigaretten pro Tag	3
> 20 Zigaretten pro Tag	6
Pfeife	3
Zigarren	1
	18

3.13. Ort der Uranexposition

Diese Bergleute waren überwiegend im Erzgebirge im Uranabbau tätig, dabei 29 Personen auf der sächsischen und 16 Personen auf der böhmischen Seite. Hinzu kommen zwei Betroffene, die in der Bundesrepublik in der Maxhütte, Weißenstadt im Fichtelgebirge, gegenüber Uran exponiert waren. Im einzelnen waren die Arbeiter an folgenden Orten beschäftigt:

Ort	Fallzahl
sächsischer Uranbergbau:	
Oberschlema	9
Niederschlema	7
Aue	7
Schneeberg	6
Johann-Georgenstadt	4
Annaberg	3
Auerbach	2
Schmiedeberg	1
böhmischer Uranbergbau:	
Jachymov = Joachimsthal	12
Horni Slavkov = Schlaggenwald	3
Pribram	2
Medenec	1
Krasno	1
bundesdeutscher Uranbergbau:	
Weißenstadt	2

Da einige Bergleute in mehreren dieser Orte beschäftigt waren, übersteigt die Summe die Fallzahl von 47.

Abb. 7: Geographische Karte des Erzgebirges

3.14. Art der Beschäftigung

Es soll die Frage untersucht werden, ob bestimmte Tätigkeiten im Uranbergbau ein besonders hohes Lungenkrebsrisiko beinhalten. Da viele Bergleute nacheinander mehrere Tätigkeiten ausübten, übersteigt auch hier die resultierende Summe der Berufsbezeichnungen die Fallzahl von 47.

Tätigkeit	Fallzahl
Hauer	39
Sprengmeister	7
Zimmerer	6
Schlosser	5
Steiger	3
Geophysiker	3
Schlepper	2
Lokführer	2
Betriebsmaurer	1
Maschinenwärter	1
Werkmeister	1
Betriebsführer	1
Haspelführer	1
Bohrmeister	1

3.15. Arbeitsbedingungen

Die Abbautechniken im Erzgebirge entsprachen zwar in etwa denen im Ruhrkohlebergbau, doch waren die Arbeitsbedingungen im Erzgebirge wesentlich schlechter.

Es wurden nach dem Kriege viele neue Uran-Strecken eröffnet, ohne daß Wert auf eine künstliche Bewetterung durch Ventilation gelegt wurde. So sammelten sich die gefährlichen Radon-Zerfallsprodukte in den Schächten an. Der Schutz vor ihnen durch Atemmasken und andere Mittel wurde nicht durchgeführt. In den Gruben stand radioaktiv verseuchtes Wasser, in dem mit ungenügendem Schuhwerk stehend gearbeitet werden mußte. Es wurde trocken und nicht naß gebohrt, so daß von den dabei entstehenden radioaktiven Staubpartikeln weitere Gefährdungen ausgingen. Täglich wurde mehrfach gesprengt, wobei sofort nach der Sprengung in der mit radioaktivem Staub angereicherten Luft das Gestein aufgeladen werden mußte.

Noch wesentlich ungünstiger als für die freiwilligen Arbeiter war die Situation für viele Zwangsarbeiter, die zum massiven Ausbau der Uranbergwerke herangezogen wurden. So erging 1946/47 an viele Bürger der damaligen Sowjetzone die Aufforderung, sich zur Arbeit bei der Wismut AG einzufinden, andernfalls würden sie von der Polizei dorthin geführt werden. Weiterhin handelte es sich bei den Zwangsarbeitern um deutsche Kriegsgefangene aus der Sowjetunion, um Volksdeutsche aus der CSSR, später auch um politische Gegner und um Kriminelle.

Über seine Einziehung berichtet der volksdeutsche Patient F.W. aus der Tschechoslowakei:

> "...wurde ich von Organen des örtlichen Nationalausschusses verständigt, daß ich mich mit meinen Familienangehörigen für den nächsten Tag zum Abtransport bereithalten müsse. Auf Lastwagen verstaut brachte man uns sodann unter Bewachung durch einen Tschechen und ausgerüstet mit der notwendigsten Habe zu der ca. 12 km entfernten ehemaligen Kreisstadt M.. Dort trafen im Laufe des Tages immer mehr Deutsche ein, so daß ein vollbelegter und bepackter Güterzug zusammengestellt

wurde. Wir rollten in die Nacht ab. Keiner wußte wohin... Wir wurden schließlich am 8.Oktober in Weipert ausgeladen... Unverzüglich wurden wir dann auch untertags bei der Uranförderung eingesetzt. Unsere Vorgesetzten waren Russen, sie übten auch die Aufsicht über uns aus... Das gesamte Gebiet von Schlackenwerth über Joachimsthal bis Weipert war Sperrgebiet. Niemand durfte es verlassen, selbst Besucher brauchten eine Sondergenehmigung, um es zu betreten. Wir konnten und durften es nicht verlassen und waren an unseren Arbeitsplatz gebunden."

Aus den bearbeiteten Akten geht in sechs Fällen eindeutig hervor, daß nicht freiwillig im Uranbergbau gearbeitet wurde, sondern aufgrund von Dienstverpflichtungen (zweimal nach Jachymov, zweimal nach Schneeberg und je einmal nach Aue bzw. Niederschlema). In den übrigen Akten finden sich hierzu keine Angaben. Auffallend ist jedoch, daß nur fünf dieser 47 Personen vor ihrer Tätigkeit im Uranbergbau in einem anderen Bergbauschacht gearbeitet hatten. Bei den übrigen 42 finden sich Berufsbezeichnungen wie Lehrer, Bäcker, Schneider, Dekorateur, Anstreicher, Bauer usw.

4. Diskussion

Die Vorverlegung des Sterbealters um zehn Jahre gegenüber der gesamten Bevölkerung (Linksverschiebung) ist ein typisches Zeichen für die Einwirkung einer starken äußeren Noxe und spricht für das Vorliegen einer Berufskrankheit.

Auffallend ist die Tatsache, daß das durchschnittliche Sterbealter mit 58 Jahren doch weit über den Werten liegt, die vor dem Krieg für den Schneeberger Lungenkrebs angegeben wurden: 40 - 50 Jahre (12), 42 - 47 Jahre (87), 49 Jahre (117) bzw. 48,5 Jahre (118).

Auch gegenüber Horaceks Wert von 53,8 Jahren für den Joachimsthaler Lungenkrebs nach dem 2.Weltkrieg zeigt sich eine Erhöhung (56). Die Erklärung hierfür beruht nicht etwa auf einer denkbaren Verlängerung der Latenzzeit, sondern auf der Tatsache, daß die überwiegende Mehrzahl dieser Exponierten andere Berufe erlernt hatte und erst im Alter von 30 - 40 Jahren im Uranbergbau zu arbeiten begann. Demgegenüber waren vor dem Kriege die meisten Bergleute seit dem 20. Lebensjahr in den radioaktiven Schächten tätig. Aus der Verzögerung des Expositionsbeginns folgt zwangsläufig die Verzögerung des Karzinom - und Todeseintritts.

Unterschiede zu den Literaturdaten finden sich ebenfalls bei der Dauer der Exposition. Vor dem Kriege wurden als Mittelwerte dafür angegeben: 26 - 30 Jahre (12), 25 Jahre (98), 17 Jahre (117) und 20 Jahre (21). In diese Werte reihen sich auch die Daten der Vorkriegsexponierten dieser Studie gut ein. Bei den übrigen Bergleuten liegt der Durchschnittswert mit weniger als neun Jahren weit darunter. Eine mögliche Erklärung dafür könnte in der ungenügenden Ventilation und in den schlechten Arbeitsbedingungen liegen. Wahrscheinlicher ist jedoch, daß aufgrund der früher allgemeinen Annahme, daß Expositionszeiten von weniger als zehn Jahren für eine Karzinomentstehung ungefährlich seien (20), danach getrachtet wurde, nach dieser Zeit die

Stellung zu wechseln. Auch politische Gründe spielten bei der relativ frühen Beendigung der Arbeit eine Rolle, so bei 21 Personen die Flucht in die Bundesrepublik und bei 16 weiteren die Umsiedlung als Volksdeutsche in den Westen.

Während in den USA bei den Bergleuten im Colorado-Urangebiet erst bei Expositionszeiten von mehr als fünf Jahren vermehrt Lungenkrebse auftraten (79), sind in dieser Untersuchung elf der 47 Bergleute weniger als fünf Jahre exponiert gewesen. Dies ist auch strahlenbiologisch verständlich, denn ausgehend von der 1-Treffer-Theorie bei der Karzinominduktion und einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung wächst mit steigender Expositionszeit nur die Wahrscheinlichkeit des Krebsauftretens.

Entscheidend für die Ausbildung des Lungenkrebses scheint weniger die Dauer der Uran-Exposition, sondern mehr die kumulative Radon-Exposition zu sein. Durch die höheren WL-Werte in den erzgebirgischen Gruben genügt eine geringe Expositionszeit, um gleiche kumulative Expositionen gegenüber Radon und seinen Tochterprodukten zu erreichen.

Die geringste zur Ausbildung eines Bronchialkarzinoms nötige Exposition beträgt hier 100 WLM. Auch tschechische Studien zeigen ab 100 WLM eine erhöhte Lungenkrebsinzidenz (113), in den Studien aus den USA beginnt der signifikante Anstieg des Lungenkrebsrisikos bei 120 WLM (7, 79, 80). Trotz der schwierigen Schätzungen dieser Werte stimmen sie also gut überein. Da in den Gruben zeitlich und örtlich große Schwankungen der inhalierbaren Radioaktivität bestehen, ist die Abschätzung der WLM-Daten aus der persönlichen Arbeitsgeschichte nur mit einer recht großen Fehlerbreite möglich. Diese wird hier weiterhin dadurch vergrößert, daß auf physikalische Meßdaten der Vorkriegszeit zurückgegriffen werden mußte. Die Schätzungen sind deswegen nur zur groben Orientierung geeignet.

Die in der Literatur häufiger beschriebene Zunahme des Prozentsatzes an kleinzelligen Karzinomen mit wachsenden WLM-Daten (100, 101) wurde nicht bestätigt. Dies stimmt

auch mit neueren Literaturdaten überein, die die Vorstellungen, das kleinzellige Karzinom sei der einzige typische Strahlenkrebs der Lunge, zu widerlegen scheinen (8, 57).

Die gefundenen Latenzzeiten sind etwas geringer als in entsprechenden Vorkriegsstudien (92). Da erst ab 1948 wieder Uranbergbau im Erzgebirge betrieben wurde, werden die Bergleute mit einer längeren Latenzzeit ihr Karzinom erst in Zukunft entwickeln, so daß sich bei einer längeren Beobachtungszeit der Mittelwert der Latenzzeit erhöhen und den Vorkriegswerten von etwa 25 Jahren anpassen dürfte (92).

Die höheren Latenzzeiten bei den Vorkriegsexponierten erklären sich daraus, daß ihre Kollegen mit kürzeren Latenzzeiten bereits vor Beginn des Beobachtungszeitraums dieser Studie am Bronchialkarzinom starben.

Die Überlebenszeit nach der Entdeckung der Lungenkrebse zeigt keine statistisch signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Therapie. Sie stimmt mit amerikanischen (8 - 10 Monate) und tschechischen Ergebnissen gut überein (72, 100).

Die Histologie wird von den kleinzelligen und Plattenepithelkarzinomen bestimmt, genau wie vor dem Kriege im Erzgebirge (118) und auch bei allen übrigen Uranbergleuten (8, 56, 57, 85, 100, 101).

Im Gegensatz zu Archer, der 1974 auch einen Anstieg der Adenokarzinome fand (8), sind diese hier nicht vertreten. Da es sich hier um anerkannte Berufskrankheiten handelt, ist die Frage nicht zu beantworten, ob tatsächlich keine Adenokarzinome aufgetreten sind oder ob evtl. aufgetretene Adenokarzinome aufgrund ihrer Histologie nicht als Berufskrankheiten anerkannt wurden. Die frühere Hoffnung, durch die Histologie entscheiden zu können, ob der Krebs strahleninduziert ist oder nicht, hat sich auf jeden Fall zerschlagen (8, 57).

In zwei Fällen sind multizentrische Karzinome aufgetreten. Vor dem Kriege wurden sie für ein typisches Zeichen der Schneeberger Lungenkrebse gehalten (27, 98). Durch

die Studien von Auerbach (zitiert nach 136), der Carcinoma in situ-Gebiete in den Lungen von 77% der an Lungenkrebs verstorbenen Patienten fand, wird dieses Zeichen sehr relativiert.

Bei der Lokalisation der Krebse zeigt sich die für Lungenkrebse normale Bevorzugung der Oberlappen. Auffallend ist jedoch die Dominanz der zentralen Lokalisation. Sie entspricht den biophysikalischen und mathematischen Erklärungen über mit Radon-Tochterprodukten beladene Staubpartikel (2, 33, 62, 132).

Die Bronchialkarzinome zeigen die allgemein typischen Symptome bei den klinischen Daten.

Der Grad der gleichzeitigen Silikose erweist sich meist als gering, teilweise war auch gar keine Silikose vorhanden. Insbesondere handelt es sich bei den Krebsen in keinem Fall um ein Narbenkarzinom (52) auf dem Boden einer silikotischen Narbe. Die Entstehung von Silikose und Bronchialkarzinom sind hier zwei voneinander unabhängige Vorgänge.

Raucheranamnesen sind in zu wenig Fällen vorhanden, um daraus Ergebnisse zur Frage des Rauchens als möglichen Promotor, Synkarzinogen o.ä. zu gewinnen (siehe dazu 6, 79, 80). Es zeigt sich jedoch eine starke Überrepräsentation der Raucher unter den Karzinomfällen.

Der bevorzugte Befall der Hauer durch die Lungenkrebse läßt sich leicht durch die Art ihrer Tätigkeit erklären. Sie sind am stärksten gegenüber den Staubpartikeln exponiert, die sich beim Hauen, Bohren, Sprengen usw. entwikkeln. Da an die Partikel sich die Radon-Zerfallsprodukte anlagern, werden diese in großer Menge eingeatmet und führen durch ihren Alpha-Zerfall zu besonders viel ionisierenden Strahlen auf das Bronchialepithel.

Einer besonderen genetischen Disposition der Schneeberger Bevölkerung wurde eine Bedeutung bei der Entstehung der Schneeberger Lungenkrebse zugeschrieben (74, 118). Da die Bergleute dieser Untersuchung fast alle nicht aus dem Erzgebirge, sondern aus dem ganzen Gebiet

des ehemaligen Deutschen Reiches verstreut stammen, kann diese Bedeutung nicht sehr groß sein.

In der Literatur stellte sich oft das Problem, die zur Entwicklung eines Lungenkrebses nötigen Expositionszeiten im Uranbergbau abzuschätzen, da die meisten Bergleute zuvor in anderen Bergwerken mit wechselnden Worklevels beschäftigt waren (6, 79). Da hier 42 der 47 Personen nur im Uranbergbau unter Tage gearbeitet haben, zeigen sie ein besseres Maß dafür, bei welchen Expositionszeiten im Uranbergbau mit dem Auftreten von Lungenkrebsen zu rechnen ist.

5. Schlußfolgerungen

Nach dem 2.Weltkrieg ist es im Erzgebirge im Gefolge des massiven Ausbaus des Uranbergbaus zu einem gehäuften Auftreten von Lungenkrebsen durch die inhalierte Radioaktivität gekommen, von denen nur ein kleiner Teil bei Abgewanderten zu erfassen war.

Wegen der langen Latenzzeit ist auch weiterhin mit vermehrtem Auftreten dieser Schneeberger Lungenkrebse zu rechnen.

Zur Anerkennung einer Berufskrankheit ist dabei keine gleichzeitig bestehende Silikose nötig, da es sich hier nicht um Narbenkrebse auf dem Boden der Silikose handelt.

Auch Forderungen einer Mindestexpositionszeit von zehn Jahren zu einer Anerkennung als Berufskrankheit sind nicht mehr haltbar.

Da auch geringe Expositionszeiten (hier ab einem Jahr) zu diesem Berufskrebs führen können, ist bei jedem Auftreten von Lungenkrebsen auf eine stärkere Berücksichtigung der Arbeitsanamnese zu achten. Nur so können die Ärzte die großen Dunkelziffern bei den Berufskrankheiten senken.

6. Zusammenfassung

Es wird über 47 Fälle von Schneeberger Lungenkrebs berichtet, die in der Bundesrepublik Deutschland nach 1945 als Berufskrankheit entschädigt wurden oder die anerkennungsreif sind. Mit zwei Ausnahmen entstammen alle dem sächsisch-böhmischen Uranerzbergbau (und seiner Ausweitung nach dem 2.Weltkrieg).

Es werden die geotechnischen Grundlagen, die arbeitshygienische Situation sowie die strahlenbiologischen Verhältnisse und Wirkungen dargestellt.

Es handelt sich vorzugsweise um kleinzellige und Plattenepithelkarzinome. 35 Fälle haben eine begleitende, meist leichte Silikose. Die mittlere Expositionszeit beträgt 10,3 Jahre, in 11 Fällen weniger als 5 Jahre; die mittlere Latenzzeit 22 Jahre, minimal 8 Jahre. Das mittlere Sterbealter liegt mit 58,2 Jahren um 10 Jahre unter der vergleichbaren Gruppe aus der Normalbevölkerung (137 Literaturstellen).

7. Literaturverzeichnis

1). AGRICOLA, G. - De Re Metallica, Basel, 1556; deutsche Übersetzung von SCHIFFNER, C., VDI - Verlag, Berlin 1928

2). ALTSHULER, B.; NELSON, N.; KUSCHNER, M. - Estimation of lung tissue dose from the inhalation of radon and daughters. Hlth. Phys. 10, 1137 - 61 1964

3). ARCHER, V.E.; MAGNUSON, H.J.; HOLADAY, D.A.; LAWRENCE, P.A. - Hazards to health in uranium mining and milling. J. occup. Med. 4, 55 - 60 1962

4). ARCHER, V.E.; LUNDIN, F.E. - Radiogenetic lung cancer in man: exposure-effect relationship. Environ. Res. 1, 370 - 83 1967

5). ARCHER, V.E. - Lung cancer among populations having lung irradiations. Lancet, II 2, 1261 - 2 1971

6). ARCHER, V.E.; WAGONER, J.K.; LUNDIN, F.E. - Uranium mining and cigarette smoking effects on man. J. occup. Med. 15, 204 - 11 1973

7). ARCHER, V.E.; WAGONER, J.K.; LUNDIN, F.E. - Lung cancer among uranium miners in the United States. Hlth. Phys. 25, 351 - 71 1973

8). ARCHER, V.E.; SACCOMANNO, G.; JONES, J.H. - Frequency of different histologic types of bronchogenic carcinoma as related to radiation exposure. Cancer 34, 2056 - 60 1974

9). ARCHER, V.E.; GILLAM, J.D.; WAGONER, J.K. - Respiratory disease mortality among uranium miners. Ann. N. Y. Acad. Sci. 271, 280 - 93 1976

10). ARCHER, V.E. - Occupational exposure to radiation as a cancer hazard. Cancer 39, 1802 - 6 1977

11). ARNSTEIN, A. - Ueber den sog. " Schneeberger Lungenkrebs".
Verh. dtsch. Ges. Path. 16, 332 - 42. 1913

12). ARNSTEIN, A. - Sozialhygienische Untersuchungen über die Bergleute in den Schneeberger Kobaltgruben, insbesondere über das Vorkommen des sogenannten "Schneeberger Lungenkrebses".
Wr. Arbeiten a. d. Geb. d. soz. Medizin 2, 64 - 83 1913

13). ÄRZTLICHE MITTEILUNGEN - Strahlenschäden im Uranbergbau bisher nicht nachgewiesen.
Ärztl. Mitt. 22, 1105 1960

14). AURAND, K.; FEINE, U.; JACOBI, W.; SCHRAUB, A. - Untersuchungen zur Frage der Strahlenbelastung der Lunge bei Aufenthalt in radonhaltiger Atmosphäre.
Strahlentherapie 104, 345 - 54 1957

15). AXELSON, O.; SUNDELL, L. - Mining, lung cancer and smoking.
Scand. J. Work. Environ. Hlth. 4, 46 - 52 1978

16). BAADER, E.W.- Berufskrankheiten.
Urban & Schwarzenberg, München/Berlin, 5. Aufl. 1960

17). BACKMANN, R; GRÜTER, H.J. - Nachweis von radioaktiver Substanz in der Lunge eines Uranbergarbeiters.
Verh. dtsch. Ges. Path. 49, 300 - 3, 1965

18). BALE, W.F.; SHAPIRO, J.V. - Radiation dosage to lungs from radon and its daughter products. Proceedings of the international conference on the peaceful uses of atomic energy, Genf.
Paper Vol. 13, p/76 1956

19). BARNISKE, U. - Silikose und Lungenkrebs.
Diss. Karl-Marx-Universität, Leipzig, 1968

20). BAUER, M. - Die entschädigungspflichtigen Berufskrankheiten.
Thieme-Verlag, Stuttgart 1953

21). BĚHOUNEK, F.; FOŘT, M. - Joachimsthaler Bergmannskrankheit.
Strahlentherapie 70, 487 - 98 1941

22). BĚHOUNEK, F. - History of the exposure of miners to radon.
Hlth. Phys. 19, 56 - 7 1970

23). BEIR - REPORT - The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation. Report of the advisory committee on the biological effects of ionizing radiation, NAS 1972

24). BENTZ, A.; MARTINI, H.J. - Lehrbuch der angewandten Geologie, Band II.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1968

25). BEUTEL, A.; WOLDRICH, A. - Klinische und röntgenologische Beobachtungen über die Entwicklung des Joachimsthaler Bronchialcarcinoms.
Z. Krebsforsch. 34, 109 - 22 1931

26). BEYREUTHER, H. - Multiplizität von Carcinomen bei einem Fall von sog. "Schneeberger" Lungenkrebs mit Tuberkulose.
Virchows Arch. path. Anat. 250, 230 - 43 1924

27). BOREK, C.; HALL, E.J. - Transformation of mammalian cells in vitro by low doses of X-rays.
Nature 243, 450 - 3 1973

28). BRANDT, A. - Bericht über die im Schneeberger Gebiet auf Veranlassung des Reichsausschusses für Krebsbekämpfung durchgeführten Untersuchungen.
Z. Krebsforsch. 47, 108 - 11 1938

29). BURROWS, H.; CLARKSON, J.R. - The role of inflammation in the induction of cancer by X-rays.
Brit. J. Radiol. 16, 381 - 2 1943

30). CEMBER, H. - Bronchogenic carcinoma from radioactive particulates. Proceedings of the international conference on the peaceful uses of atomic energy, Geneva 1958.
Paper Vol. 22, p/900 1959

31). CEMBER, H. - Empirical establishment of cancer-associated dose to the lung from 114-Ce.
Hlth. Phys. 10, 1177 - 80 1964

32). CHAMBERLAIN, A.C.; DYSON, E.D. - The dose to the trachea and bronchi from the decay products of radon and thoron.
Brit. J. Radiol. 29, 317 - 25 1956

33). CIHAK, R.W.; ISHIMARU, T.; STEER, A.; YAMADA, A. - Lung cancer at autopsy in A-bomb-survivors and controls, Hiroshima and Nagasaki, 1961 - 1970.
Cancer 33, 1580 - 8 1974

34). COHN, S.H.; SKOW, R.K.; GONG, J.K. - Radon inhalation studies in rats.
Arch. industr. Hyg. 7, 508 - 16 1953

35). COURT BROWN, W.M.; DOLL, R. - Mortality from cancer and other causes after radiotherapy for ankylosing spondylitis.
Brit. med. J. II, 1327 - 32 1965

36). DAS GESUNDHEITSWESEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, Hrsg.: Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit.
Kohlhammer Verlag GmbH, Stuttgart/Mainz, Bd.3 (1968), Bd.4 (1970) und Bd.5 (1974)

37). DER URAN- UND BLEIERZBERGBAU IM ERZGEBIRGE.
Bergbau und Wirtschaft 13, 199 - 205 1960

38). DE VILLIERS, A.J.; WINDISH, J.P. - Lung cancer in a fluorspar mining community.
Brit. J. industr. Med. 21, 94 - 109 1964

39). DÖHNERT, H.R. - Experimentelle Untersuchungen zur Frage des Schneeberger Lungenkrebses.
Z. Krebsforsch. 47, 209 - 39 1938

40). DOLL, R. - Occupational lung cancer: a review.
Brit. J. industr. Med. 16,
181 - 90 1959

41). DYBEK, J. - Zur Geochemie und Lagerstättenkunde des Urans.
Gebrüder Bornträger, Berlin-Nikolassee, 1962

42). EMMERMANN, K.H. - Die Uranführung der Lagerstätte Ellweiler. Dissertation von der Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen der Technischen Universität Berlin.
Berlin 1966

43). EVANS, R.D.; GOODMAN, C. - Determination of the thoron content of air and its bearing on lung cancer hazards in the industry.
J. industr. Hyg. 22, 89 - 99 1940

44). FRITZSCHE, C.H. - Bergbaukunde.
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 10. Aufl. 1961

45). GEWINNUNG VON URANMINERALIEN.
Bergbau-Rundschau 11, 426 - 32 1959

46). GIBEL, W.; BERNDT, H.; SCHRAMM, T.; LOHS, KH.- Krebsverhütung und Umweltschutz.
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1976

47). GIRSCHEK, K. - Strahlenschäden bei im Uranbergbau eingesetzten Gefangenen
in: SCHENCK, E.G.; NATHUSIUS, W. VON - Extreme Lebensverhältnisse und ihre Folgen, Band II.
Verband der Heimkehrer Deutschlands e.V., Bad Godesberg 1958

48). GLUCKSMANN, A.; BOAG, J.W. - Late radiation effects and carcinogenesis in the skin of mice and rats exposed to localised Betaradiation.
Acta radiol. Suppl. 116, 688 - 9 1954

49). GLUCKSMANN, A.; LAMERTON, L.F.; MAYNEORD, W.V.- Carcinogenic effects of radiation.
in: Cancer, Vol. 1, ed. RAVEN, R.W.; Butterworth, London, 497 - 539 1957

50). HAQUE, A.K.M.M.; COLLINSON, A.J.L. - Radiation dose to the respiratory system due to radon and its daughter products.
Hlth. Phys. 13, 431 - 43 1967

51). HÄRTING, F.; HESSE, W. - Der Lungenkrebs, die Bergkrankheit in den Schneeberger Gruben.
Vjschr. gerichtl. Med. 30, 296 - 309; 31, 102 - 132 und 31, 313 - 337 1879

52). HAUPT, R. - Narbenkrebs der Lunge.
Johann-Ambrosius-Barth, Leipzig 1973

53). HEID, K.R.; FUQUA, P.A. - Review of uranium inhalation case.
Hlth. Phys. 26, 399 - 403 1974

54). HOLADAY, D.A. - The radon problem in deep-level mining.
A.M.A. Arch. industr. Hlth. 12, 163 - 6 1955

55). HOLSTEIN, E. - Grundriß der Arbeitsmedizin.
Johann-Ambrosius-Barth, Leipzig 1969

56). HORÁČEK, J. - Der Joachimsthaler Lungenkrebs nach dem 2. Weltkrieg.
Z. Krebsforsch. 72, 52 - 6 1969

57). HORÁČEK, J.; PLAČEK, V.; ŠEVC, J. - Histologic types of bronchogenic cancer in relation to different conditions of radiation exposure.
Cancer 40, 832 - 5 1977

58). HUECK, W. - Kurzer Bericht über Ergebnisse anatomischer Untersuchungen in Schneeberg.
Z. Krebsforsch. 49, 312 - 5 1939

59). HUEPER, W.C. - Occupational and environmental cancers of the respiratory system.
Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1966

60). HUMPERDINCK, K. - Röntgenstrahlen und radioaktive Stoffe als Ursache von Berufsschäden unter besonderer Berücksichtigung ihrer carcinogenen Wirkung.
Med. Klin. 55, 1128 - 30 1960

61). INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - Inhalation risks from radioactive contaminants. IAEA, Vienna 1973

62). JACOBI, W. - The dose to the human respiratory tract by inhalation of short-lived 222-Rn and 220-Rn-decay products. Hlth. Phys. 10, 1163 - 74 1964

63). JACOBI, W. - Die natürliche Strahleneinwirkung auf den Atemtrakt. Biophysik 2, 282 - 300 1965

64). JACOBI, W. - Das Lungenkrebsrisiko durch Inhalation von Radon-222-Zerfallsprodukten. Biophysik 10, 103 - 14 1973

65). JECH, C. - Retention of radon decay products in human lungs. A.M.A. Arch. industr. Hlth. 13, 475 - 9 1956

66). KAHLAU, G. - Experimentelle Erzeugung von Lungentumoren durch Radium-Emanation. Verh. dtsch. Ges. Path. 32, 379 - 85 1948

67). KIRCHHEIMER, F. - Das Uran und seine Geschichte. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1963

68). KÖLSCH, F. - Lehrbuch der Arbeitsmedizin I. Enke-Verlag, Stuttgart, 4. Aufl. 1963

69). KUSĂK, V. - Ethiopathogenesis of bronchogenic pulmonar carcinoma in miners from uranium mines. Strahlentherapie 138, 549 - 55 1969

70). KUSĂK, V.; JELINEK, S.; ŠULA, J. - Possible role of aspergillus flavus in the pathogenesis of Schneeberg and Jáchymov disease. Neoplasma 17, 441 - 9 1970

71). LASKIN, S. - Tissue reactions and dose relationships in rat following intrapulmonary Beta-radiation. Hlth. Phys. 10, 1229 - 39 1964

72). LHOTA, J.; REHAK, F.; SUDA, J.; PROSEK, V. - Le cancer chez les mineurs d'uranium. Ann. Chir. Thorac. Cardiovasc. 7, 503 - 4 1968

73). LISCO, H.; FINKEL, M.P. - Observation on lung pathology following the inhalation of radioactive cerium. Fed. Proc. 8, 360 - 1 1949

74). LORENZ, E. - Radioactivity and lung cancer. J. nat. Cancer Inst. 5, 1 - 15 1944

75). LORENZ, E. - Some biologic effects of long-continued irradiation. Amer. J. Roentgenol. 63, 176 - 85 1950

76). LÖWY, J. - Über die Joachimsthaler Bergkrankheit. Med. Klin. 25, 141 - 2 1929

77). LUDEWIG, P.; LORENSER, E. - Untersuchungen der Grubenluft in den Schneeberger Gruben auf den Gehalt an Radium-Emanation. Strahlentherapie 17, 428 - 35 1924

78). LUNG CANCER IN HAEMATITE MINERS. Lancet II 2, 758 - 9 1970

79). LUNDIN, F.E.; LLOYD, J.W.; SMITH, E.M.; ARCHER, V.E.; HOLADAY, D.A. - Mortality of uranium miners in relation to radiation exposure, hard-rock mining and cigarette smoking, 1950 through September 1967. Hlth. Phys. 16, 571 - 8 1969

80). LUNDIN, F.E. - Radon daughter exposure and respiratory cancer, quantitative and temporal aspects. NIOSH-M-71-1, Rockville 1971

81). MARTLAND, H.S. - The occurence of malignancy in radioactive persons. Amer. J. Cancer 15, 2435 1931

82). MAUCHER, A. - Die Lagerstätten des Urans. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1962

83). MAYS, C.W. - Cancer induction in man from internal radioactivity.
Hlth. Phys. 25, 585 - 92 1973

84). MEISSNER, J. - Natürliche und zivilisatorische Strahlenbelastungen und Strahlenrisiken.
Materialia Medica Nordmark 30, 1 - 2 1978

85). MIRABELLA, F. - Sviluppo e situazione recente di una malattia malamente interpretata sino a 50 anni or sono: il morbo dello Schneeberg o di St. Joachimsthal.
Med. Lav. 67, 315 - 22 1976

86). MOLE, R.H. - Radiation effects in man: current views and prospects.
Hlth. Phys. 20, 485 - 90 1971

87). NEITZEL, E. - Berufsschädigungen durch radioaktive Substanzen.
Johann-Ambrosius-Barth-Verlag, Leipzig 1935

88). NEUHAUS, A. - Über Uranit im Granit von Weißenstadt/Fichtelgebirge.
Fortschr. Miner. 32, 80 - 1 1953

89). PANSA, M. - Consilium peripneumoniacum, das ist: Ein getreuer Rath in der beschwerlichen Berg- und Lungensucht.
Leipzig 1614

90). PARACELSUS, T. - Von der Bergsucht oder Bergkrankheiten drey Bücher.
Dillingen 1567

91). PELLER, S. - Lung cancer among mine workers in Joachimsthal.
Hum. Biol. 11, 130 - 43 1939

92). PIRCHAN, A.; ŠIKL, H. - Cancer of the lung in the miners of Jachymov (Joachimsthal).
Amer. J. Cancer 16, 681 - 722 1932

93). POHL, E. - Die Strahlenbelastung bei der Inhalation von Radium-Emanation.
Strahlentherapie 119, 77 - 96 1962

94). RAJEWSKI, B. - Bericht über die Schneeberger Untersuchungen.
Z. Krebsforsch. 49, 315 - 40 1939

95). RAJEWSKI, B.; SCHRAUB, A.; KAHLAU, G. - Experimentelle Geschwulsterzeugung durch Einatmung von Radiumemanation.
Naturwissenschaften 31, 170 - 1 1943

96). RAUSCHELBACH, H. - Erhebungen über die Todesursachen von ehemaligen im Uranbergbau eingesetzten Kriegsgefangenen.
Bundesversorgungsblatt 1969/8, 88 - 91 1969

97). READ, J.; MOTTRAM, J.C. - The "tolerance concentration" of radon in the atmosphere.
Brit. J. Radiol. 12, 54 - 60 1939

98). ROSTOSKI, O.; SAUPE, E.; SCHMORL, G. - Die Bergkrankheit der Erzbergleute in Schneeberg in Sachsen ("Schneeberger Lungenkrebs").
Z. Krebsforsch. 23, 360 - 84 1926

99). R W E - Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk Aktiengesellschaft, Betriebsverwaltung Biblis.
Persönliche Mitteilung

100). SACCOMANNO, G.; ARCHER, V.E.; SAUNDERS, R.P.; JAMES, L.A.; BECKLER, P.A. - Lung cancer of uranium miners on the Colorado Plateau.
Hlth. Phys. 10, 1195 - 1201 1964

101). SACCOMANNO, G.; ARCHER, V.E.; AUERBACH, O.; KUSCHNER, M.; SAUNDERS, R.P.; KLEIN, M.G. - Histologic types of lung cancer among uranium miners.
Cancer (Philadelphia) 27, 515 - 23, 1971

102). SACCOMANNO, G. - Development of carcinoma of the lung as reflected in exfoliated cells.
Cancer (Philadelphia) 33, 256 - 70, 1974

103). SACCOMANNO, G.; ARCHER, V.E.; SAUNDERS, R.P.; AUERBACH, O.; KLEIN, M.G. - Early indices of cancer risk among uranium miners with reference to modifying factors.
Ann. NY. Acad. Sci. 271, 377 - 83, 1976

104). SAUPE, E. - Bericht über eine röntgenologische Reihenuntersuchung an Joachimsthaler Bergleuten.
Fortschr. Röntgenstr. 60, 163 - 71, 1939

105). SCHEFFLER, C.L. - Abhandlung von der Gesundheit der Bergleute.
Chemnitz 1770

106). SCHMIDTMANN, M. - Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung des Schneeberger Staubs auf das Bronchialepithel.
Z. Krebsforsch. 32, 677 1930

107). SCHMORL, G. - Über den Schneeberger Lungenkrebs.
Verh. dtsch. Ges. Path. 19, 192 - 5, 1923

108). SCHNEIDERHÖHN, H. - Lagerstättenkunde.
DVA, Stuttgart 1964

109). SCHRAUB, A.; AURAND, K.; JACOBI, W. - Untersuchungen zur strahlenbiologischen Bedeutung der Folgeprodukte des Radons.
Arch. phys. Ther. 7, 437 - 44 1955

110). SCHRAUB, A.- Biophysikalische Analyse der Wirkung der Radiumemanation.
Klin. Wschr. 35, 423 1957

111). SELTSER, R. - Lung cancer and uranium mining.
Arch. environm. Hlth. 10, 923 - 36, 1965

112). SEPKE, G. - Zum Schneeberger Lungenkrebs.
Zbl. Arbeitsmed. 7, 114 - 6 1957/58

113). ŠEVC, J.; KUNZ, E.; PLACEK, V. - Lung cancer in uranium miners and long-term exposure to radon daughter products.
Hlth.Phys. 30, 433 - 7 1976

114). SHAPIRO, J. - Radiation dosage from breathing radon and its daughter products. A.M.A. Arch. industr. Hlth. 14, 169 - 77 1956

115). SIEBER, S. - Uran und Uranerze. Bergbau-Rundschau 3, 487 - 90 1951

116). SIEBER, S.; LEISTNER, M. - Die Bergbaulandschaft von Schneeberg und Eibenstock. Akademieverlag, Berlin 1967

117). ŠIKL, H. - Über den Lungenkrebs der Bergleute in Joachimsthal. Z. Krebsforsch. 32, 609 - 13 1930

118). ŠIKL, H. - The present status of knowledge about the Jachymov disease. Acta Unio Int. Cancrum 6, 1366 - 75 1950

119). SPENCER, H. - Pathology of the lung, Vol. 2. Pergamon Press, Oxford/New York/Toronto/ Sydney/Paris/Frankfurt, 3. Aufl. 1977

120). STREFFER, C. - Strahlenbiologische Daten zum kanzerogenen Risiko am Arbeitsplatz. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin, 2. - 5. Mai 1979 in Münster (in Druck)

121). SWARM, R.L. - Distribution, retention and late effects of thorium dioxide. Ann. N.Y. Acad. Sci. 145, Art. 3, 523 - 858 1967

122). SYLLA, A. - Lungenkrankheiten. hrsg. von GANGUIN, H.G. VEB Thieme, Leipzig 1978

123). TAUBE, P.R.; RUDENKO, J.I. - Vom Wasserstoff bis zu Transuranen. VEB Fachbuchverlag Leipzig 1968

124). THOMAS, J. - A method for calculation of the absorbed dose to the epithelium of the respiratory tract after inhalation of daughter products of radon. Ann. occup. Hyg. 7, 271 - 84 1964

125). TSCHELNITZ, H. - Physikalische Bemerkungen zur Ätiologie des St. Joachimsthaler Lungenkarzinoms.
Strahlentherapie 53, 269 - 75 1935

126). UHLIG, M - Über den Schneeberger Lungenkrebs.
Virchows Arch. path. Anat. 230, 76 - 98 1921

127). UNITED NATIONS- Demographic Yearbook - Annuaire Démographique.
United Nations Publications, New York
Nr. 9 (1957), Nr. 13 (1961), Nr. 18 (1966), Nr. 23 (1971), Nr. 28 (1978)

128). UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.
United Nations, New York 1977

129). URANERZBERGBAU IM ERZGEBIRGE.
Bergbau-Rundschau 10, 669 - 73 1958

130). WAGONER, J.K.; ARCHER, V.E.; CARROLL, B.E.; HOLADAY, D.A.; LAWRENCE, P.A. - Cancer mortality pattern among U.S. uranium miners and millers, 1950 through 1962.
J. nat. Cancer Inst. 32, 787 - 801 1964

131). WAGONER, J.K.; ARCHER, V.E.; LUNDIN, F.E.; HOLADAY, D.A.; LLOYD, J.W. - Radiation as the cause of lung cancer among uranium miners.
New. Engl. J. Med. 273, 181 - 88 1965

132). WALSH, P.J. - Radiation dose to the respiratory tract of uranium miners. A review of the literature.
Environ. Res. 3, 14 - 36 1970

133). WEISH, P.; GRUBER, E. - Radioaktivität und Umwelt.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1975

134). WILLIAMS, N. - Hazards of mining uranium and some rarer ores and the use of vibrating tools. in: Medicine in the mining industries, ed. by HOGAN, J.M.
William Heinemann Medical Books Ltd., London 1972

135). WORTH, G.; SCHILLER, E. - Die Pneumokoniosen. Staufen-Verlag, Köln 1954

136). WRIGHT, E.S.; COUVES, C.M. - Radiation - induced carcinoma of the lung- the St. Lawrence tragedy. J. thorac. cardiovasc. Surg. 74, 495 - 8 1977

137). ZIEL, R. - Zur Frage des Lungenkrebses bei den Bergleuten Joachimsthals. Med. Klin. 31, 1535 - 36 1935

Herrn Prof. Dr. E. Hain und Herrn Prof. Dr. W. T. Ulmer danke ich für die Überlassung des Themas der vorliegenden Arbeit sowie für ihre hilfreichen Ratschläge.

Herrn Dr. Rösener, Hauptgeschäftsführer der Bezirksverwaltung Bochum der Bergbau-Berufsgenossenschaft, danke ich für sein Entgegenkommen, das die vorliegende Arbeit erst ermöglicht hat.

Lebenslauf

Ich, Jörg Kalthoff, wurde am 3. Juli 1956 in Bochum als Sohn des Verwaltungsamtmanns Kurt Kalthoff und seiner Frau Paula, geb. Menke, geboren.

1963 wurde ich in Bochum eingeschult und besuchte von 1966 bis 1975 das Graf-Engelbert-Gymnasium in Bochum, wo ich 1975 die Reifeprüfung ablegte.

Seit 1975 studierte ich Medizin in Bochum und bestand die ärztliche Prüfung dort am 15.10. 1981.

Seitdem arbeite ich als Stationsarzt auf der Abteilung für klinische Psychiatrie des Martin-Luther-Krankenhauses in Bochum-Wattenscheid und möchte Facharzt für Nervenheilkunde werden.